



Uniwersytet Morski w Gdyni

Wydział Zarządzania
i Nauk o Jakości

**The role of commodity science
in quality management
in a knowledge-based economy
Food quality**

Jakość żywności

Red. Agnieszka Palka

Gdynia 2022

**The role of commodity science
in quality management
in a knowledge-based economy**

Food quality

Jakość żywności

pod redakcją Agnieszki Palki

Gdynia 2022

REDAKCJA NAUKOWA: DR INŻ. AGNIESZKA PALKA

LISTA RECENZENTÓW:

dr hab. inż. Przemysław Dmowski, prof. UMG, Uniwersytet Morski w Gdyni
dr hab. inż. Michał Halagarda, prof. UEK, Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie
dr hab. inż. Aneta Ociecek, prof. UMG, Uniwersytet Morski w Gdyni
dr inż. Agnieszka Palka, Uniwersytet Morski w Gdyni
prof. dr hab. inż. Stanisław Popek, Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie
prof. dr hab. inż. Piotr Przybyłowski, Uniwersytet Morski w Gdyni
dr hab. inż. Agnieszka Rybowska, prof. Uniwersytetu Morskiego w Gdyni
dr hab. inż. Magdalena Skotnicka, Gdański Uniwersytet Medyczny

The authors are responsible for the content of the published materials.

Za treść zamieszczonych materiałów odpowiadają ich Autorzy.

Projekt dofinansowany przez Ministerstwo Edukacji i Nauki w ramach programu
"Doskonała Nauka", numer umowy: DNM/SP/547067/2022.

PROJEKT OKŁADKI: AGNIESZKA PALKA

WYDAWCA:



UNIWERSYTET MORSKI W GDYNI

ul. Morska 81-87

81-225 Gdynia

www.umg.edu.pl

ISBN 978-83-7421-433-9

Projekt i opracowanie graficzne:

Argrafpol sp. z o.o.

ul. Żmudzka 21, 51-354 Wrocław

www.argrafpol.pl

SPIS TREŚCI

JOLANTA BARAN, MAŁGORZATA ŹRÓDŁO-LODA, MAGDALENA DYKIEL DETERMINANTS OF THE PREFERENCES OF RESIDENTS OF THE PODKARPACKIE VOIVODESHIP IN THE RENNET CHEESE RETAIL MARKET	7
ALEKSANDRA CELEJEWSKA, MARIKA BIELECKA, JOANNA K. BANACH EFFECT OF SUBSTITUTION MILK FAT BY VEGETABLE OIL ON PROPERTIES PHYSICOCHEMICAL AND SENSORY QUALITY OF DUTCH-TYPE CHEESES.....	20
JOANNA KLEPACKA, ELŻBIETA TOŃSKA, RYSZARD RAFAŁOWSKI, MARTA CZARNOWSKA-KUJAWSKA, AGNIESZKA NAJDA OCENA WARTOŚCI ODŻYWCZEJ HERBATY UPRAWIANEJ I PRZETWARZANEJ W RÓŻNYCH WARUNKACH.....	38
DOMINIKA MESINGER, OCIECZEK ANETA NUTRITIONAL BEHAVIOUR OF POLISH RESPONDENTS TOWARD GAME MEAT	57
MAGDALENA MICHALCZYK, JOANNA BANAŚ ZASTOSOWANIE OLEJKÓW ETERYCZNYCH Z TYMIANKU I ROZMARYNU JAKO SUBSTANCJI OGRANICZAJĄCYCH UTLENIANIE TŁUSZCZÓW W CHŁODNICZO PRZECHOWYWANYM MIĘSIE RYB	74
TOMASZ PUKSZTA ZWIĄZKI BIOAKTYWNE I ZDOLNOŚĆ ANTYOKSYDACYJNA OWOCÓW EGZOTYCZNYCH.....	87

RYSZARD RAFAŁOWSKI, JOANNA KLEPACKA, ELŻBIETA TOŃSKA OKSYDACJA TŁUSZCZU MLEKOWEGO	104
ALEKSANDRA WILCZYŃSKA, NATALIA ŻAK WPŁYW UDZIAŁU SUBSTANCJI SŁODZĄCYCH NA WYBRANE CECHY CIAST BISZKOPTOWO-TŁUSZCZOWYCH.....	126
MATEUSZ ZAWADZKI, AGNIESZKA RYBOWSKA, PATRYCJA PENCZEK KNOWLEDGE OF TURKISH PRODUCTS AND DISHES AMONG CONSUMERS	141

DETERMINANTS OF THE PREFERENCES OF RESIDENTS OF THE PODKARPACKIE VOIVODESHIP IN THE RENNET CHEESE RETAIL MARKET

JOLANTA BARAN¹, MAŁGORZATA ŻRÓDŁO-LODA¹,
MAGDALENA DYKIEL²

¹ *Department of Commodity Science, Institute of Health and Economy, Carpathian State College in Krosno,*

e-mail: jolanta.baran@kpu.krosno.pl, malgorzata.zrodlo-loda@kpu.krosno.pl

² *Department of Food Production and Safety, Institute of Health and Economy, Carpathian State College in Krosno,*

e-mail: magdalena.dykiel@kpu.krosno.pl

Abstract

The examined problem is fully associated with the product quality management, which works on shaping the quality of products by analysing the needs of the market, which is interested in purchasing and consuming the offered products. The research was carried out in the second quarter of 2021 among the residents of the Podkarpackie Voivodship. The collected data was analyzed in clusters in order to distinguish the most important segments on the cheese market. The results of the analysis show that the residents of the Podkarpackie Voivodeship form five separate segments, of which the purchasing and consumption preferences are determined by various marketing and commodity-related factors. The respondents with at most secondary education (about 40% of the sample) formed the first two clusters. Two further clusters include people over the age of 40 with university education, with women having a higher degree of attachment to known types of cheese and a higher preference for nutritionally higher cheese. The fifth segment of the market is the most numerous (about 50% of the sample) the group of consumers who are passive and indecisive in determining of their preferences.

Keywords: matured cheese, rennet cheese, consumer preferences, consumer segmentation

Introduction

The economic and political changes at the turn of the 20th and 21st centuries enriched the Polish market with many high quality and attractively packed dairy products. They became competitive for domestic products, which forced Polish producers to introduce innovative solutions concerning the product or its technological process of production. The activities were aimed at acquiring new customers and the same time became the opportunity for research on consumer preferences and behaviours [Jurowczyk 2018; Piekut 2015; Piekut 2017; Seremak-Bulge 2007; Szajner 2007]. The behaviours are related to the consumption of products, understood as the process of satisfying needs, carried out at the moment of purchase, and then - during their use and management [Liczmańska 2015; Piekut 2015]. Consumer behaviour is conditioned by many mutually influencing factors - personal-demographic, psychological, economic and socio-cultural [Rudnicki 2012]. According to Kotler 2002, the theoretical model of factors shaping the consumer's behaviour in the market includes the following groups: marketing (marketing-mix) and non-marketing (e.g. economic or cultural) stimuli and the consumer's "black box" – the personal and psychological characteristics and behavioural elements (decision process including the purchase decision).

In the first two decades of the 21st century, the market of rennet cheese, commonly known as hard cheese, was developing very dynamically [Piekut 2011]. The Polish consumers were given a greater opportunity to choose cheese according to their tastes and preferences. The choice of cheese is determined not only by the taste and aroma, but also by its nutritional value and health-promoting properties [Cichosz 2010]. The purchase of cheese is also conditioned by marketing factors [Piekut 2015; Ziarno 2014; Ziarno 2015]. There has been observed an upward trend in the consumption of rennet cheese in Poland since 2014. Over the next few years, the Polish consumers increased the average consumption of rennet cheese by about half a kilogram per year [Piekut 2018]. Cheese is one of the main components of the milk diet, not only of adults but also of school children [Zaręba et al. 2009]. All these phenomena justify the need for research which would identify consumer segments that differ in market

preferences for rennet cheese and the perception of the quality. The results of these studies may be useful for the dairy industry in the logistics of selling cheese.

The aim of the research was to identify the main consumer segments that vary in the perception of the importance of various elements shaping the purchasing behaviour and preferences on the rennet cheese market, and to indicate the most important descriptive demographic characteristics that determine this differentiation.

1. Materials and methods

The research was carried out in the second quarter of 2021. It was a survey addressed to the residents of the Podkarpackie Voivodship. The respondents answered to one question in the main part of the questionnaire “*determine the importance of the elements indicated below, when buying hard cheese (rennet)*”. The questions included 19 determinants that might influence purchasing decisions and consumption behaviour.

There were four groups:

- five marketing factors (price, brand, packaging, product knowledge, advertising)
- five determinants of the overall nutritional value of cheese (content: fat, carbohydrates, protein, salt, calcium)
- eight organoleptic characteristics, that are characteristic to hard cheese
- use-by-date declared by the manufacturer.

The respondents indicated the subjective importance of each of these elements on a 5-point scale. An anchored unipolar graphic scale with was used with the following limiting categories: 1 point = completely unimportant element, 5 points = definitely important element.

The results of the survey were statistically analyzed with the use of the *Statistica 13.3* package.

2. Results and Analysis

There were four hundred people, living in the ten selected districts of the voivodship, who participated in the survey. The two hundred forty four respondents declared that they consume cheese on a regular basis (at least once a week). The results are presented in Table 1.

Table 1. Respondents' characteristics

Attribute	Category	N	%
Gender	Female	140	57.4
	Male	104	42.3
Age	16-30	70	28.7
	31-40	60	24.6
	41-50	60	24.6
	50-70	54	22.1
Education	Primary	45	18.4
	Secondary	144	59.0
	Higher	55	22.5

Source: own research

Most of the respondents were women (57.4%). Young people - up to 30 years of age - accounted for 28.7% of the total surveyed group of cheese consumers. The percentage of the group aged 31-40 was 33.4% (similar to the group aged 41-50), and the segment of the oldest respondents - over 50 - 22.1%. About 20% of the respondents declared primary education, and these were people either continuing their education at post-primary level or people over 40 years of age. About 60% of the respondents are people with secondary education, the remaining 22.5% declared higher education.

The answers of the respondents were analyzed in clusters in order to distinguish the most important segments of the cheese market, differing in the perception of the importance of various elements that shape purchase preferences and consumption behaviour. The analysis covered the average level of importance of the

19 determinants listed in the questionnaire, calculated for 22 groups of respondents based on their socio-demographic characteristics - gender, age and education level (Table 2).

Table 2. Respondent segments created for cluster analysis

Gender	Age	Education	SYMBOL
Female	16-30	primary	K-W1-WP
		secondary	K-W1-WŚ
		higher	K-W1-WW
	31-40	secondary	K-W2-WŚ
		higher	K-W2-WW
	41-50	primary	K-W3-WP
		secondary	K-W3-WŚ
		higher	K-W3-WW
	50-70	primary	K-W4-WP
		secondary	K-W4-WŚ
		higher	K-W4-WW
	Male	16-30	primary
secondary			M-W1-WŚ
higher			M-W1-WW
31-40		secondary	M-W2-WŚ
		higher	M-W2-WW
41-50		primary	M-W3-WP
		secondary	M-W3-WŚ
		higher	M-W3-WW
50-70		primary	M-W4-WP
		secondary	M-W4-WŚ
		higher	M-W4-WW

Source: own research

The Ward agglomeration method was used in the calculations. The basis of the agglomeration were the Euclidean distances. The results of the analysis were interpreted on a dendrogram, on which the clusters were determined based on the plot of the binding distance versus the binding stages [Stanisz 2007].

The results of the cluster analysis are presented graphically in Figures 1 and 2.

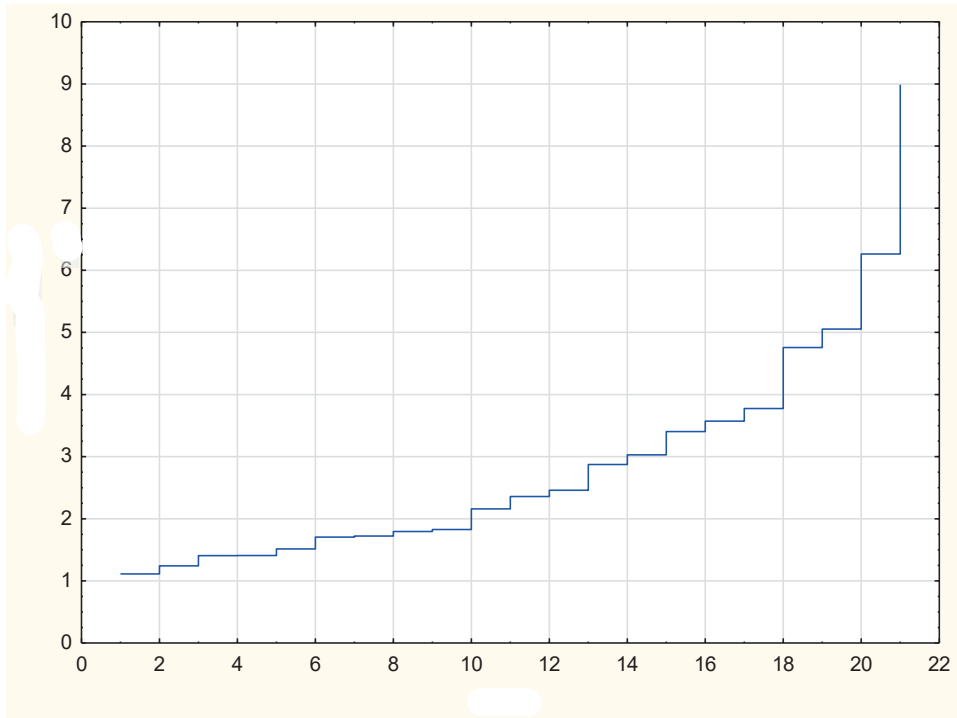


Fig. 1. Diagram of the agglomeration of 22 respondent segments based on the importance of the determinants of hard cheese preferences

Source: own research

The graph presented in Fig. 1 was the basis for determining the number of clusters. The first significant step of increase in the level of the curve occurred after step 18, which corresponds to an agglomeration distance of about 3.8. This distance is shown in Fig. 2. Therefore, five separate groups (clusters) of respondents can be identified, which differ in the perception of the importance of the determinants of preferences and consumption behaviours included in the questionnaire.

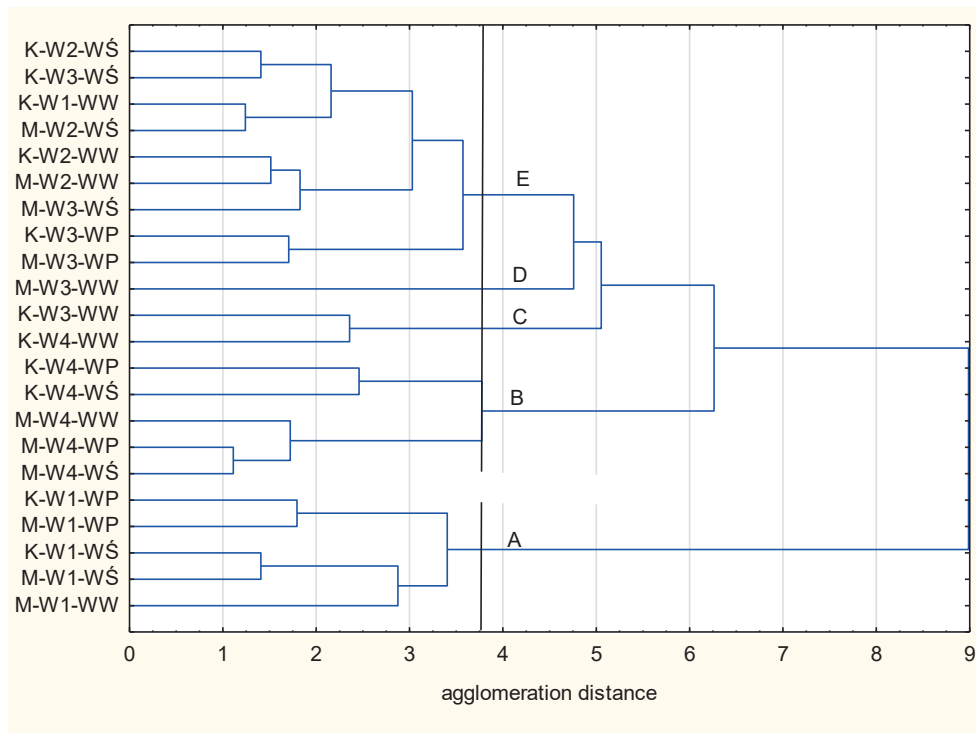


Fig. 2. Dendrogram of clusters selected on the basis of the importance of the determinants of hard cheese preferences

Source: own work

The results of the cluster analysis were supplemented with the examination of the significance of differences between the average level of importance of each element in the selected clusters. The null hypothesis of equality of the mean value was verified with the Fisher-Snedecor F test, and the post-hoc analysis was performed with the NIR test [Stanisz 2006]. The level of significance was set at $\alpha = 0.05$. The results of testing are presented in Table 3. The data in makes it possible to indicate the reasons which determined the results of the cluster analysis.

Table 3. The average importance of determinants of preferences and consumption behaviours in the opinion of respondents classified into five clusters (results of the F test)

	Importance					p
	A	B	C	D	E	
	Average [points]					
PRICE	3.3b	3.9c	3.8c	2.4a	4.0c	0.000
MAKE	3.4	3.6	3.1	2.6	3.8	0.131
PACKAGING	3.3	3.2	3.9	3.6	3.6	0.348
KNOWN PRODUCT	3.7b	4.6c	4.5c	3.4a	3.7b	0.000
ADVERTISING	4.2d	1.5a	2.0b	1.4a	2.8c	0.000
FAT	3.5b	3.1a	3.7b	4.8c	3.6b	0.037
CARBOHYDRATES	3.3a	3.0a	3.7bc	4.0c	3.5b	0.003
PROTEINS	3.6b	3.1a	4.5c	3.8b	3.9b	0.002
SALT	3.6b	3.9b	4.9c	3.8b	4.0b	0.000
CALCIUM	3.5a	3.3a	4.5c	4.0b	3.9b	0.008
APPEARANCE	4.0b	4.3b	4.9c	3.6a	4.3b	0.022
TASTE	4.6	4.7	4.8	4.6	4.6	0.944
SMELL	4.3a	4.4ab	4.8b	4.0a	4.1a	0.009
COLOUR	4.0	4.2	4.6	4.0	4.1	0.136
HOLING	3.6a	3.9a	4.6b	3.8a	3.8a	0.011
CONSISTENCY	3.2	3.2	3.1	3.8	3.3	0.243
ADITIVES	2.7	2.8	3.2	2.4	2.8	0.725
GREASINESS	3.1ab	3.4b	2.7a	4.6c	3.5b	0.008
USE BY DATE	4.6	4.4	4.6	4.4	4.3	0.554

Different letter symbols next to the mean values show significant differences between clusters in the NIR test (at the level of $\alpha = 0.05$)

Source: own research

The results of the analysis presented in Figure 2 and Table 3 show that the residents of the Podkarpackie Voivodship, who declare consumption of rennet cheese, create five separate segments, of which the purchasing and consumption preferences are determined by specific marketing and commodity-related factors.

The first selected segment covers 25% of the studied sample (cluster A). This segment is dominated by the group of the youngest - aged up to 30 with no more than

secondary education. This group constitutes 92% of cluster A. It is complemented by men of the same age, with higher education (Figure 2). The values of the test probability “ p ” <0.05 , the mean value and the results of the NIR test (Table 3) indicate that cluster A is distinguished by assigning a particularly high rank to the advertising (average importance - 4.2 points, while the importance of this factor for other clusters does not exceed 3.0 points). Therefore, it can be concluded that young consumers prefer the rennet cheese, which is intensively promoted by campaigns in the media, advertising leaflets and in commercial outlets. The high susceptibility of young consumers (up to 30 years of age) to marketing influence was also noted by: Ziarno & Zaręba 2014 and Cichocka 2004, who also state that in the youngest age segment of adult consumers there is a significant percentage of those who “blindly” look for a new way of nutrition, simultaneously being high susceptible to various marketing influences.

The segment of respondents with secondary education, which prevails in Cluster A, is also remarkable. Kowrygo et al. 1997 emphasize that these are the people who are the most sensitive to market changes and advertising.

Women and men over 50 years of age, mostly with no more than secondary education (about 17% of the trial) (cluster B), constitute a separate market segment (Figure 2), behaving in opposite way to the cluster A. The representatives of cluster B stand out (Table 3) - in comparison to other respondents - that the advertising activity of producers and traders is completely irrelevant to them (1.5 points). The group of these respondents also shows a neutral attitude towards the content of fat, carbohydrates, protein and calcium in cheese (3.0 points), while declaring that the most important role in making purchasing decisions is the knowledge of the type and type of cheese (4.5 points).

Similar results were obtained by Nowak et al. 2013 in a survey conducted among 293 people in Wrocław. The research showed that 67% of respondents considered the protein content to be unimportant when choosing rennet cheese, and about 53% of respondents considered the fat content to be unimportant.

The high rank of product knowledge proves that cluster B, people over 50 years old, should be included, from the point of view of the tendency to accept new

products on the market, to the group of consumers referred to in marketing literature as stragglers [Garbarski 1998].

A much smaller group of consumers (about 6% of the trial) was identified as cluster C (Figure 2). These are women over 40 with higher education. They stand out - similarly to the respondents from cluster B - by the highest assessment of the importance of product knowledge (4.5 points), but also by the declaration of high importance of the nutritional value (protein, carbohydrate, salt and calcium content) of cheese (about 5 points). The women of cluster C are also stand out thanks to their opinions about the rank of cheese smell and holes (4.5-5.0 points). If we take into account the fact that they treat - like all respondents - the taste of cheese as a very important feature determining their choices (Table 3), it can be concluded that this segment includes a consumer with high commodity and nutritional knowledge, but not very susceptible to market innovations.

These results differ from those found by other authors around 10 years ago. A survey conducted by Czechowska-Liszka in 2009 in the Małopolskie Voivodeship [Czechowska-Liszka 2009], a survey carried out in the Podkarpackie Voivodeship [Baran & Pieczonka 2016] and a study by Nowak et al. in 2013, carried out in Wrocław, showed that the knowledge of the type of rennet cheese is a very important factor for all respondents. Dysz & Krasnowska 2013 state that all consumers living in the following voivodships: Małopolskie, Opolskie, Dolnośląskie and Śląskie consider the organoleptic features of cheese as motivating and important factors taken into account when purchasing them.

Men aged 41-50 with higher education are an equally small but specific segment (2% of the sample) on the Podkarpace market (Figure 2; cluster D). This segment stands out from the others by the highest susceptibility to the impact of information on the calorific value of rennet cheese (very important features related to the fat content and important carbohydrate content), but it does not attach importance to promotional effects in the form of cheese advertising (Table 3).

This is another segment of the surveyed population that declares no interest in cheese advertising. In practice, however, it often happens that the images shown by marketing activities remain in the recipient's subconsciousness. In their research,

Babicz-Zielińska 2000 and Cichocka & Pieczonka 2001 stated that such decision-making factors as the fashion for a given product or its advertising are perceived by consumers as of little importance when compared to other product features. In fact, however, they have recorded a great deal of interest in purchasing and consuming products heavily advertised in the mass media (e.g. yoghurt, margarine or frying oil). These observations are confirmed by the conclusions resulting from the research carried out by Jąder 2014 or Grębowiec & Korytkowska 2017.

Women and men aged up to 50 with various education levels were qualified for cluster E (Figure 2). They constitute almost half (48%) of the studied population. The characteristic feature of this group is that the declared importance of the factors that determine preferences and behaviours included in the study is somewhat “in the centre” - between the average values characterizing other clusters, except that it considers several organoleptic features as important or very important, such as taste, colour or the price and brand (table 3). However, this is not the element that distinguishes the representatives of this cluster from other respondents. This may indicate a specific passivity of this group when making purchases, perhaps because ripened cheese is a group of products consumed regularly and treated as basic products.

3. CONCLUSIONS

1. The inhabitants of the Podkarpackie voivodship form five separate segments, which in the field of rennet cheese are determined by various marketing and commodity-related factors and form the purchasing and consumption preferences.
2. People with at most secondary education (about 40% of the sample) formed the first two segments. The first is made up of consumers up to 30 years of age, who are particularly susceptible to the influence of promotional marketing. The second segment includes the elderly, who can be called “conservative” consumers, insensitive to these influences and attached to known types of cheese.

3. Two further segments include people over 40 with university education and women having a higher degree of attachment to known types of cheese and those who prefer high nutritional value cheese.
4. A separate, the most numerous segment of the market is created by a group of consumers who show a specific passivity and indecisiveness in shaping the determinants of their preferences.
5. The factors significantly differentiating the preferences and behaviour of the residents of the Podkarpackie Voivodship on the rennet cheese retail market are: gender, age and level of education.

Bibliography:

- Babicz-Zielińska E., 2000, *Czynniki wpływające na wybór żywności*, Materiały Ogólnopolskiej Konferencji Naukowej „Konsument żywności i jego zachowania rynkowe”, Warszawa, SGGW, s. 245-253.
- Baran J., Pieczonka W., 2016, *Zmiany zwyczajów żywieniowych studiującej młodzieży jako efekt innowacyjnych badań towaroznawczych*, W: Zieliński R., Żuchowski J., (red.) *Wybrane aspekty jakości żywności*, Radom, Wydawnictwo Naukowe Instytutu Technologii i Eksploatacji – PIB, s. 32-41.
- Cichocka I., Pieczonka W., 2001, *Ekokonsumpcja i niektóre jej uwarunkowania wśród młodzieży szkolnej i akademickiej*, *Żywność-Technologia-Jakość*, nr 3, s. 108-121.
- Cichocka I., 2004, *Modelowanie relacji między wybranymi determinantami zachowań konsumpcyjnych za rynku żywności ekologicznej*, (praca doktorska), Akademia Ekonomiczna w Krakowie.
- Cichosz G., Czeczot H., 2010, *Sery dojrzewające – żywność funkcjonalna*, *Przegląd Mleczarski*, nr 4, s. 4-8.
- Czechowska-Liszka M., 2009, *Badania preferencji konsumenckich dotyczących spożywania serów twarogowych i podpuszczkowych*, *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie*, nr 834, s. 55-68.
- Dysz K., Krasnowska G., 2013, *Preferencje konsumentów polski południowo-zachodniej przy wyborze serów podpuszczkowych dojrzewających*, *Nauki Inżynierskie I Technologie*, nr 2, s. 42-52.
- Garbarski L., 1998, *Zachowania nabywców*, Warszawa, PWE.
- Grębowiec M., Korytkowska A., 2017, *Zachowania konsumenckie na rynku wyrobów mleczarskich*, *Roczniki Naukowe Stowarzyszenia Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu*, nr 4, s. 79-85, DOI: 10.5604/01.3001.0010.5168.
- Jąder K., 2014, *Preferencje i zachowania studentów na rynku mleka i produktów mlecznych*, *Roczniki Naukowe Stowarzyszenia Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu*, nr 6, s. 175-181.
- Jurowczyk P., 2018, *Zachowania konsumenckie kobiet i mężczyzn*, *Przemysł Spożywczy*, nr 1, s.11-13, DOI: 10.15199/65.2018.1.3.
- Kotler P., 2002, *Marketing*, Podręcznik europejski, Warszawa, PWE.

- Kowrygo B., Górską-Warsewicz H., Ługowska K., 1997, *Ocena preferencji konsumenckich w zakresie żywności i żywienia*, Żywność-Technologia-Jakość, nr 2, s. 51-59.
- Liczmańska K., 2015, *Kluczowe czynniki determinujące zachowania konsumenckie na przykładzie mieszkańców województwa kujawsko-pomorskiego*, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, Problemy Zarządzania, Finansów i Marketingu, nr 41, s.107-118, DOI: 10.18276/pzfm.2015.41/2-09.
- Nowak M., Oziębłowski M., Trziszka T., Beń H., 2013, *Ocena ważności cech sera twardego i miejsca jego zakupu w opiniach konsumentów z Holandii, Niemiec i Polski*, Żywność-Technologia-Jakość, nr 5, s. 195-210.
- Piekut M., 2015, *Determinanty spożycia mleka i produktów mleczarskich w gospodarstwach domowych*, Przegląd Mleczarski, nr 1, s. 14-19.
- Piekut M., 2015, *Konsumenci i innowacje*, Przegląd Mleczarski, nr 3, s. 8-10.
- Piekut M., 2011, *Produkcja oraz konsumpcja mleka i wyrobów mleczarskich*, Przegląd Mleczarski, nr 11, s. 25-32.
- Piekut M., 2017, *Produkcja oraz konsumpcja serów w Polsce*, Przegląd Mleczarski, nr 7, s. 36-38.
- Piekut M., 2018, *Spożycie mleka i produktów mleczarskich w wielkomiejskich gospodarstwach domowych w Polsce*, Przegląd Mleczarski, nr 5, s. 29-36.
- Piekut M., 2015, *Spożycie serów – od ogółu do szczegółu*, Przegląd Mleczarski, 2015, nr 7, s. 38-42.
- Rudnicki L., 2012, *Konsument w polityce rozwoju nowego produktu*, Zeszyty Naukowe Małopolskiej Wyższej Szkoły Ekonomicznej w Tarnowie, nr 1, s. 137-147, DOI:10.25944/znmwse.2012.01.137147.
- Seremak-Bulge J., 2007, *Wpływ otoczenia konkurencyjnego na polskie mleczarstwo na rynku Unii Europejskiej*, Przegląd Mleczarski, nr 1, s. 22-24.
- Stanisz A., 2007, *Przystępny kurs statystyki z wykorzystaniem programu STATISTICA PL na przykładach z medycyny*, T, III, Analizy wielowymiarowe, Kraków, Statsoft.
- Stanisz A., 2006, *Przystępny kurs statystyki z wykorzystaniem programu STATISTICA PL na przykładach z medycyny*, T, I, Statystyki podstawowe, Kraków, Statsoft.
- Szajner P., 2007, *Handel zagraniczny produktami mleczarskimi*, Przemysł Spożywczy, nr 3, s. 16-20.
- Zaręba D., Ziarno M., Hauzer A., 2009, *Postawa młodych konsumentów wobec produktów mlecznych i probiotyków*, Bromatologia i Chemia Toksykologiczna, nr 3, s. 954 – 958.
- Ziarno M., Zaręba D., 2015, *Co konsument wie o serach i jak je wybiera*, Przegląd Mleczarski, nr 6, s. 8-47.
- Ziarno M., Zaręba D., 2014, *Młody konsument na rynku mleka spożywczego*, Przegląd Mleczarski, nr 8, s. 33-38.
- Ziarno M., 2014, *Oczekiwania konsumentów produktów mleczarskich*, Przegląd Mleczarski, nr 9, s. 40-47.

The research was financed by funds obtained from the Scholarship Fund of Stanisław Pigoń at the Carpathian State College in Krosno in the academic year 2021/2022

EFFECT OF SUBSTITUTION MILK FAT BY VEGETABLE OIL ON PROPERTIES PHYSICOCHEMICAL AND SENSORY QUALITY OF DUTCH-TYPE CHEESES

ALEKSANDRA CELEJEWSKA¹, MARIKA BIELECKA²,
JOANNA K. BANACH¹

¹ *Institute of Management and Quality, Faculty of Economics,
University of Warmia and Mazury in Olsztyn,
e-mail: celejewska.aleksandra@gmail.com; katarzyna.banach@uwm.edu.pl;*

² *Department of Dairy Science and Quality Management,
Faculty of Food Science, University of Warmia and Mazury in Olsztyn,
e-mail: marika.bielecka@uwm.edu.pl*

Abstract

In recent years, the dairy products sector has undergone restructuring and modernization, as a consequence of which is the emergence of an expanded and varied assortment on the market. Companies have also introduced cheese-like products to a wide range of products, made of skimmed milk with vegetable fat with.

The main aim of the research was to evaluate the effect of substitution of milk fat with palm oil on the physicochemical properties and sensory quality of cheese-like products in comparison to Dutch-type cheeses. Both of products, manufactured under industrial conditions, were analyzed for their chemical composition, the dynamics of lactose fermentation (pH changes), proteolysis and peptidolysis, and also a panel sensory evaluation during ripening (10 weeks) and storage (3 months).

A greater range and a lower depth of proteolysis were found in cheese-like products, compared to cheeses, which proves that the activity of proteolytic enzymes towards palm oil is lower than towards milk fat. In addition, the substitution of milk fat with palm oil resulted in the deterioration of the sensory quality of cheese-like products in comparison with cheeses, although an improvement in the sensory quality of cheese-like products was observed with the increase in storage time, as opposed to cheeses.

Keywords: Dutch-type cheeses, cheese-like products, palm oil, physico-chemical properties, sensory quality

Introduction

Polish market of ripening cheeses is characterized by high dynamics of development and high competitiveness. Average annual cheese consumption among Poles is still lower by half (11.5 kg) in comparison with consumption in Western European countries (e.g. 25.6 in France, 25.3 kg in Germany). Due to changes in a nutritional model producers are forced to widen their market offer [Santiago-López 2018]. Although the range of cheeses available on the market is increasing, Dutch-type cheeses are still the most popular. In accordance with Nielsen's data, they constitute as much as 68% of ripening cheese market [Total Consumer Report 2018]. Despite an increase in cheese consumption, which has been observed over the past few years, milk processing plants cope with economic problems. Besides owing to a common pauperisation of the society caused by rising inflation and rising energy, fuel and food prices, a lot of consumers are interested in low price products, e.g. cheese-like products. Another factor contributing to growing interest in cheese-like products are their advertised health-promoting properties achieved thanks to lower fat and cholesterol content [Feeney et al. 2021].

A new food product can be launched provided that potential consumers approve of its sensory properties. The complex of taste and smell substances of Dutch-type cheeses is dominated by the products of para-casein hydrolysis and volatile flavor components which following reactions with free-form amino acids or in their presence generate a whole variety of different smells. Despite a short ripening period, Dutch-type cheeses are characterized by high ripening scope (N-soluble) and depth (N-amino acid). It is a result of high water content (42-43%) and brine salting [Bielecka & Cichosz 2017].

Similarly as products of para-casein hydrolysis, milk fat plays a very important role in the formation of cheese taste and especially smell. Fat content in dry matter in cheeses and cheese-like products is 20-60%. Fat is contained in the protein matrix and constitutes a filler influencing rheological properties. It also contributes to other sensory properties, mainly taste and smell [Mistry 2001].

Cheese-like products are made from skimmed milk with plant oil with/without milk fat addition. If all milk fat is replaced with plant oil the price of a cheese-like product can be significantly lower – even by 40% in comparison with original cheese [Aljewicz et al. 2011]. Fat and products of fat hydrolysis have a significant impact on the sensory quality of cheeses and cheese-like products. Cheeses made from skimmed milk lack typical taste and smell properties while sensory quality increases in proportion to the fat content in dry matter of cheese [Collins et al. 2003]. In cheese-like products the lipolysis process will proceed in a totally different manner due to the structure, content and properties of plant fat. Fat in cheese-like products can be hydrolyzed by lipoprotein lipase present in milk and synthesized by lactic bacteria, such as *Lactococcus* and *Lactobacillus*, lipases and esterases which preferentially release short-chain saturated fatty acids.

This research mainly aimed at assessing the influence of milk fat substitution with palm oil on sensory quality of Dutch-type cheese-like products. Sensory quality of control and experimental products (with substitution of milk fat with palm oil) was assessed on the basis of dynamics of lactose fermentation (changes in pH), the scope (N-soluble) and depth (N-amino acid) of para-casein proteolysis during ripening and point-based organoleptic assessment.

1. Material and methods

1.1. Production of ripened cheeses and cheese-like products

The analyzed cheeses and cheese-like products were produced under industrial conditions in a dairy cooperative X in Poland. Control (2 batches) cheeses and experimental (2 batches) cheese-like products were made using 10 000 liters and produced according to the method described by Bielecka & Cichosz [2017]. The production process of cheese-like products was identical to that of ripened cheese, except that the milk fat was replaced with fat with palm oil (Kruszwica, Poland). Cheese samples were prepared in accordance with standard ISO 707:2008 (IDF 50:2008). The first group of the Dutch-type cheeses (n=6) and cheese-like products

(n=6) were ripening for 10 weeks at air temperature of $12 \pm 0.1^\circ\text{C}$ and second group of research material were stored for 3 months at air temperature of $4 \pm 0.1^\circ\text{C}$. The ripening and storage process were carried out in the climatic chamber (ICP 500, Memmert, USA) about $85 \pm 1.0\%$ relative humidity.

1.2. Chemical composition

Cheeses and cheese-like products after production were analyzed in triplicate to determine their moisture content according to standard ISO 5534:2004 (IDF 4:2004), fat content according to standard ISO 3433:2008 (IDF 222:2008), sodium chloride content according to standard ISO 5943:2006 (IDF 88:2006) and water content according to ISO 5534:2005 (IDF 4:2004).

1.3. Rate of lactose fermentation

Active acidity was determined by measuring the pH of the cheese slurry, prepared by blending 10g of grated cheese with 10 ml water, with the Elmetron CP 502 pH meter (Poland) equipped with an Inode electrode and calibrated before each measurement with calibration solutions with pH 4.0 and 7.0 (Merck, Poland). The cheeses and cheese-like products after 2, 4, 6 and 10 weeks of ripening and after 1, 2 and 3 months of storage were analyzed.

1.4. Proteolytic analysis

Nitrogenous fractions in ripening cheeses and stored cheeses were prepared according to standard ISO 27871:2011 (IDF 224:2011), and nitrogen content was determined according to standard ISO 8968-1:2014 (IDF 20-1:2014). The results were expressed according to the method described by Bielecka & Cichosz [2017]. The cheeses and cheese-like products after 2, 4, 6 and 10 weeks of ripening and after 1, 2 and 3 months of storage were analyzed.

1.5. Sensory evaluation

Cheese and cheese-like products with different degrees of ripeness (after 4, 6 and 10 weeks) and after 1, 2 and 3 months of storage were subjected to a sensory evaluation. The samples were prepared in a special compartment. Representative cheese cubes were cut into cuboids. The samples were labeled with three-digit codes and were evaluated by a trained sensory panel (eight-person). Panelists trained in sensory evaluation were recruited and screened according to ISO 8586:2012. The sensory trial was conducted in a special test room designed according to ISO 8589:2007. A rating scale was developed for evaluating the samples based on selected attributes according to ISO 4121:2003. Samples of ripened cheeses and cheese-like products were evaluated based on the following sensory attributes: colour, eye formation, consistency, flavor and aroma according to the method described by Bielecka & Cichosz [2020]. The sensory quality of Dutch-type ripened cheeses and cheese-like products was determined according to ISO 22935-3:2009.

1.6. Statistical analysis

The results were analyzed statistically by calculating mean value and standard deviation. Differences were determined by factorial analysis of variance test (ANOVA) at a $p < 0.05$ significance level. The Tukey test was used to post-hoc analysis. Data were processed in the Statistica v. 10 program (Statsoft, Poland).

2. Results and discussion

Dutch-type cheeses and cheese-like products were characterized different chemical composition. The replacement of milk fat with palm oil led to a significant decrease in the fat content of cheese-like products. Therefore, the chemical composition (salt, water, salt/water, dry mass) of cheese-like products differed significantly ($p < 0.05$) from that of cheeses (Table 1). In the examined cheese samples were similar and high water content which intensified microbiological and biochemical changes. The chemical composition of all ripened cheese samples was influenced mainly by the production process.

Table 1. Chemical composition (mean values \pm standard deviation) of cheeses and cheese-like products

Chemical compound	Dutch-type cheeses			Cheese-like products		
salt	1.51 ^a	\pm	0.01	1.71 ^b	\pm	0.05
fat	27.20 ^b	\pm	0.30	25.18 ^a	\pm	0.25
water	42.15 ^a	\pm	0.16	43.36 ^b	\pm	0.06
salt/water	3.59 ^a	\pm	0.01	3.91 ^b	\pm	0.14
dry matter	57.85 ^b	\pm	0.16	56.63 ^a	\pm	0.68

a-b – mean values in rows marked with different letters differ significantly at $p < 0.05$

Source: own study.

The dynamics of lactose fermentation is the most important parameter of the technological process, influencing the shaping of the qualitative characteristics (texture, palatability) of ripening cheeses. Lactose fermentation occurs primarily during the production of cheese, and also in the initial stage of ripening [Amarita 2001]. Acidity determines all physicochemical changes (clot formation, syneresis, NaCl diffusion), microbiological (autolysis of sourdough cultures, increase of secondary microflora, including non-leaven *Lactobacillus* and technologically harmful) and, consequently, also biochemical (enzymatic).

In cheeses and cheese-like products, there was a clear increase in acidity (changes of pH from 5.4 to 5.7 in cheeses and from 5.52 to 5.78 in cheese-like products) during 10 weeks of ripening (Fig. 1). The acidity of the cheese-like products also increased consistently, albeit slightly, during storage. After 3 months of storage, the pH value of the cheeses and products were 5.77 and 5.84, respectively (Fig. 1). The cheese-like products have higher pH compared to the ripened cheeses with an average difference of about 0.12. After two weeks of ripening, the rate of pH increase significantly accelerates in the case of ripened cheeses and after four weeks, both products reach the same pH level of 5.63. Ending the 10-week ripening process, the cheeses characterize a pH of 5.7, and the cheese-like products 5.78. Throughout the 3-month storage period, the difference in value remains at a similar level, with

a slight increase in both. Changes in acidity during the ripening of cheeses and cheese-like products were typical for these products.

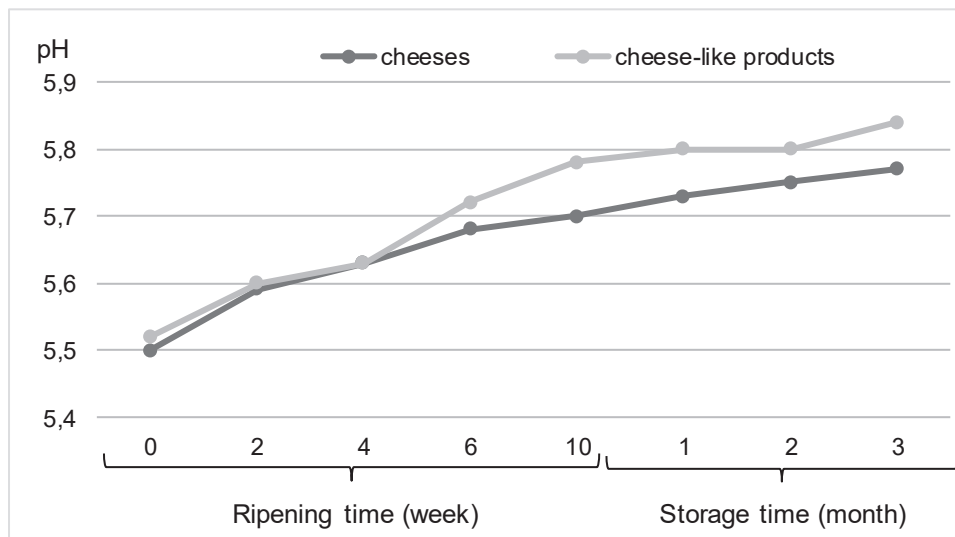


Fig. 1. The changes in the acidity (pH) of cheeses and cheese-like products during ripening and storage

Source: own study.

The dynamics of pH changes during the ripening of cheeses makes it possible to determine whether the production process was carried out correctly. The amount, as well as the rate of lactic acid formation, affects the appropriate firmness of the curd, and thus the texture of ripened products. The rheological characteristics of the product (elasticity, brittleness of the flesh) depend on the concentration of hydrogen ions in cheeses immediately after salting - the acidity affects the degree of calcium paracaseinate disintegration. Lactic acid reacts with calcium ions from the protein complex, causing its decalcification [O'Mahony 2005]. During ripening, a successive decrease in acidity (increase in pH) was found, which was caused by secondary fermentation carried out by NSLAB (nonstarter lactic acid bacteria), which includes lactic acid and calcium lactate, as well as the production of ammonia from amines,

acid catabolism and by increasing the water-binding capacity of the clot through the production of new α -carboxyl and α -amino groups formed during hydrolysis peptide bonds [Liu 2003]. The acidity of the cheeses and cheese-like products varied. Most likely, however, it was due to the differences in their chemical composition (Table 1), which has a decisive influence on the development of microflora, and thus the acidity of the products.

Changes in the nitrogen soluble at pH 4.4 (SN) expressed as a percentage of total nitrogen (SN/TN) ratio are indicative of cheese ripeness and can be used to compare the extent of proteolysis [Pereira, 2008]. High SN/TN values point to a long ripening process or its intensification. Proteolytic processes have to be balanced and controlled to speed up cheese ripening. Up to the 6th week of ripening, a faster increase of the average SN/TN fraction in cheeses than in cheese-like products was recorded, from 5 to 19.1. After this time, growth slows significantly, reaching 19.9 after another 4 weeks of ripening and 23.3 after 3 months of storage (Fig. 2).

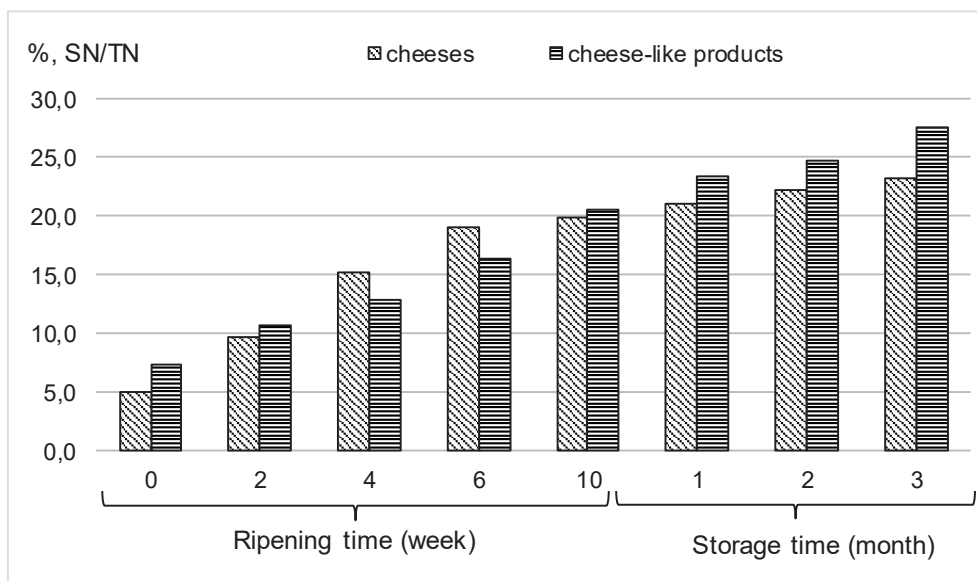


Fig. 2. The changes in the SN/TN during ripening and storage cheeses and cheese-like products

Source: own study.

The soluble nitrogen (SN) fraction is a very heterogeneous complex consisting of whey proteins, high molecular weight, medium and low molecular weight peptides and free amino acids. The SN content in cheeses after salting and slightly increased levels during ripening are a consequence of the action of the residual coagulant, milk proteinases, somatic cell proteinases and cell envelope proteases from the cheese microflora [Mcsweeney 2004].

The high primary SN content in the cheese-like products may be the result of additional supplementation in this product category. Additionally, the higher SN may be the result of higher plasmin activity in cheese after removal of plasminogen inhibitors, plasmin activators from the quark during whey removal [Priyashantha & Lundh 2021]. In the case of our research, the relationship between a higher share of SN / TN and the pH value has not been directly confirmed, a lower value in the case of cheese should have a higher value of SN/TN, i.e. ideal conditions for the activity of chymosin on α S1 casein [Hayaloglu 2005]. The increase in the SN/TN fraction in the later stage of ripening is associated with bacterial proteinases, which are widely released as a result of lysis of the source microflora.

Non-protein nitrogenous compounds soluble in 12% TCA, including peptides with molecular weight below 3000 Da, amino acids, urea and ammonia, are indicative of the depth of proteolysis [Sato 2013]. In cheese and cheese-like products, TCA-SN expressed as a percentage of TN (TCA-SN/TN) immediately after salting was determined at 1.29% and 2.26%, respectively. During the early stages of ripening (after 2 weeks), TCA-SN/TN values increased around 2-fold. At successive stages of ripening, TCA-SN/ TN increased at a slower rate and reached approx. 10 and 7%, respectively in cheese and cheese-like products after 10 weeks (Fig. 3).

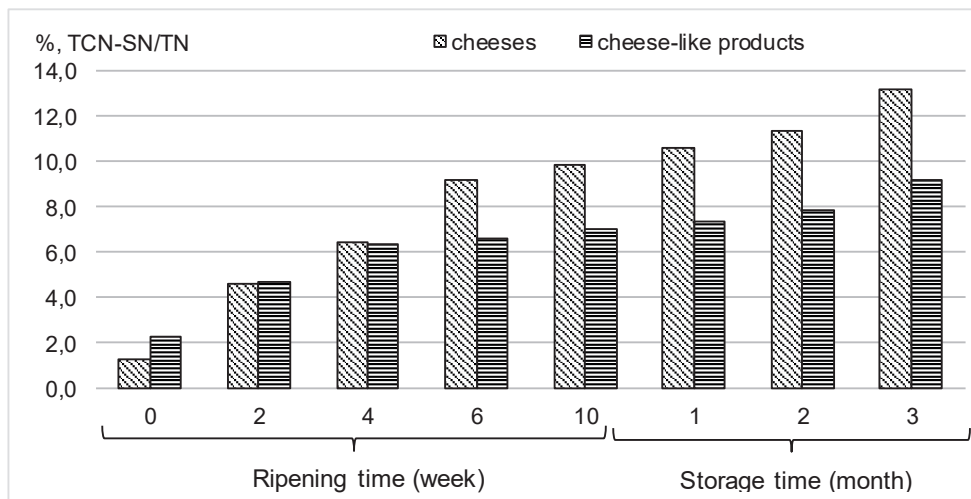


Fig. 3. The changes in the trichloroacetic acid-soluble nitrogen content (TCA-SN/TN) during ripening and storage cheeses and cheese-like products

Source: own study.

The lower increase in the content of non-protein nitrogenous compounds in cheese-like products in comparison with cheeses may suggest inhibiting effect on secondary microflora, because the depth of proteolysis is more likely to be influenced by secondary microflora (including *Lactobacillus* cultures) than starter cultures [Bielecka & Cichosz 2017]. It seems that the cheese has a higher content of bacterial enzymes - proteinases and peptidases, which are responsible for the formation of some non-protein compounds that have been precipitated with 12% TCA [Mcswenney 2004].

The content of nitrogenous compounds soluble in 5% PTA (PTA-SN) in cheeses and cheese-like products was determined at 0.54% and 0.45% TN, respectively, after salting. The content of PTA-SN expressed as a percentage of TN (PTA-SN/TN) increased during ripening. The PTA-SN/TN ratio was higher in cheeses than in cheese-like products in all cases. After 10 weeks of ripening, PTA-SN/TN exceeded 3% in cheeses and 1.6% in

cheese-like products (Fig. 4). Gouda cheeses evaluated by El-Tanboly et al. [2010] were characterized by higher PTA-SN/TN values after salting (1.0 - 1.5%).

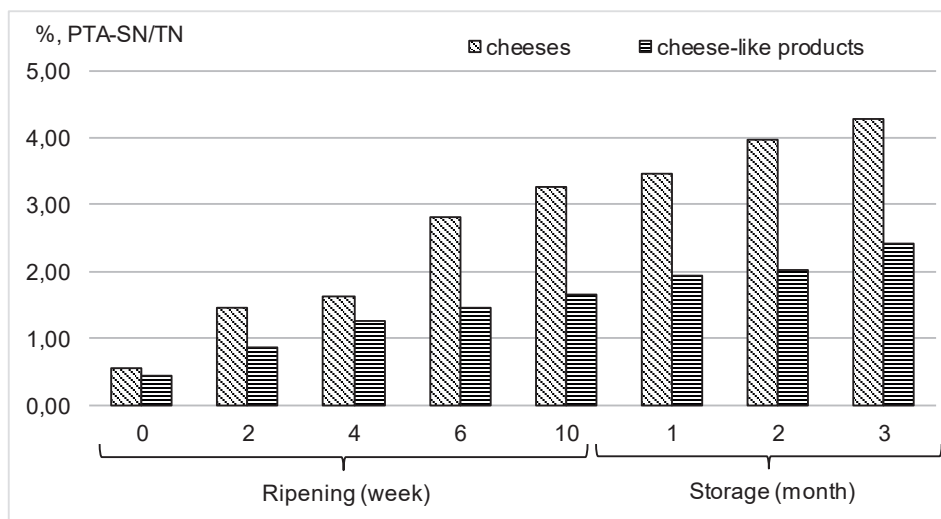


Fig. 4. The changes in the phosphotungstic acid-soluble nitrogen content (PTA-SN/TN) during ripening and storage

Source: own study.

The sensory quality of products is the result of many parallel biochemical processes during the production and ripening of cheeses: glycolysis, proteolysis and lipolysis. A feature that determines the choice of cheeses from the entire range of products available on sale is primarily their appearance, including colour and eye formation [Mcsweeney & Sousa 2000]. The overall sensory quality of the cheeses is initially assessed through the color and eye formation. The mesh size, distribution and number of meshes are another attribute of the sensory quality of ripened cheeses. In Dutch-type cheeses, eye formation is a consequence of the production of carbon dioxide during the fermentation of citrates [Dustrethoft 2007]. Texture, in addition to appearance and smell, is one of the sensory acceptability factors of food,

as it determines food quality and consumer choice [Mariod 2016]. It is defined as structural (geometric and surface) and the mechanical properties of the products; as impressions perceived by many senses simultaneously: the sense of sight, hearing, touch and kinesthesia [Foegeding 2003]. In the case of ripened cheeses, texture plays a very important role in shaping their overall sensory quality. The texture of ripened cheeses depends mainly on the standardization of the composition of the cheese milk and technological procedures during production, and consequently the chemical composition of the product. The most important factor in shaping the texture of cheeses is the dynamics of lactic fermentation, because lactic acid affects the extent of proteolysis [Cichosz et al. 2005]. The fat content of ripening cheeses determines of their consistency - high-fat cheeses are springy and elastic, while lean cheeses are hard, brittle and brittle [Fenelon et al. 2000]. The most important distinguishing feature of the sensory quality of ripened cheeses is their flavour - the taste and aroma impressions. It is the result of the presence at least several dozen compounds that determine the aroma of the products. A unique set of volatile compounds and their mutual interactions determine the flavor and aroma composition characteristic of particular of cheese [Michalska & Bielecka 2022].

In the sensory evaluation the ripened Dutch-type cheeses much better were assessed in terms of all five analyzed attributes during 4th weeks of ripening. The panelists indicate minimal shortcomings in color, consistency and smell. After 4 weeks of ripening, the cheese reached the final total score of 4.87, where the cheese-like products achieved an average score of 2.60. The descriptor that was assessed best in the cheese-like products was consistency, estimated at 3.33 on average. Out of the five attributes, the color of the cheese-like products was assessed as the worst - 1.67 (Fig. 5a).

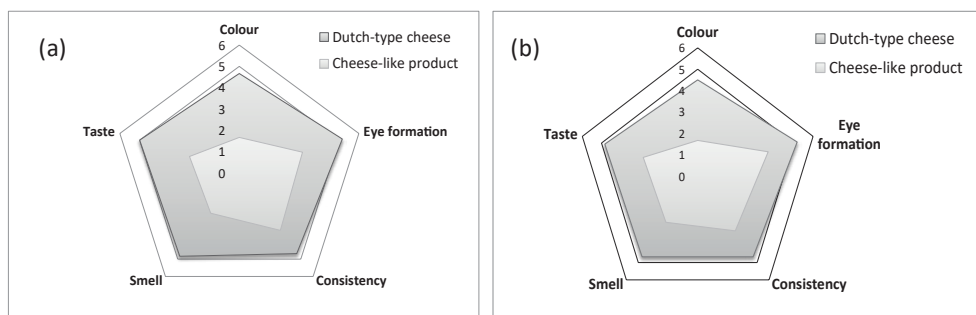


Fig. 5. Evaluation of sensory attributes of cheeses and cheese-like products after 4th weeks (a) and 6th weeks of ripening

Source: own study.

After 6th week of ripening Dutch-type cheeses were assessed much better than the imitation cheese products, but the difference slightly decreased (Fig. 5b). Cheeses after the 6th week of ripening was assessed slightly worse than cheeses directly after production, while the assessment of the imitation cheese product improved.

A similar dependence is observed in the analysis of the parameter evaluation in the 10th week of ripening, where the differences between the products decrease (Fig. 6). Still the worst parameter in sensory evaluation of a product is colour - a parameter that it would seem that we can easily regulate, for example, with dyes. On the other hand, the relatively highest rated parameter is the eyelet, which in the 10th week of ripening has already achieved an average score of 4.

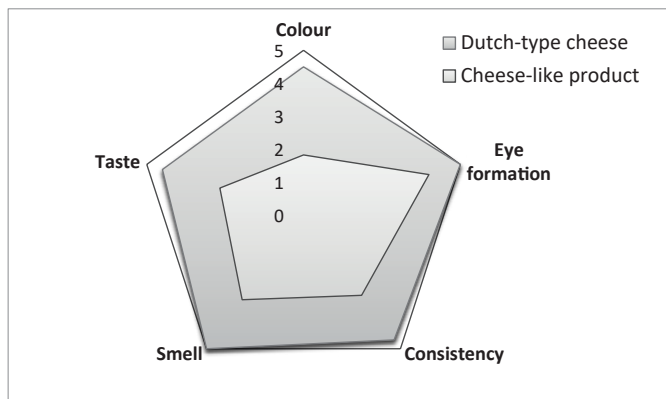


Fig. 6. Evaluation of sensory attributes of cheeses and cheese-like products after 10th weeks ripening

Source: own study.

During storage were observed progressive changes of the sensory attributes of cheeses and cheese-like products. The increasing storage time has a positive effect on the acceptance of the cheese-like products (Fig. 7a). After 2nd months of storage, cheeses were characterized by lower score of colour, taste, smell and consistency. The total score for cheeses was below 4 (Fig. 7b).

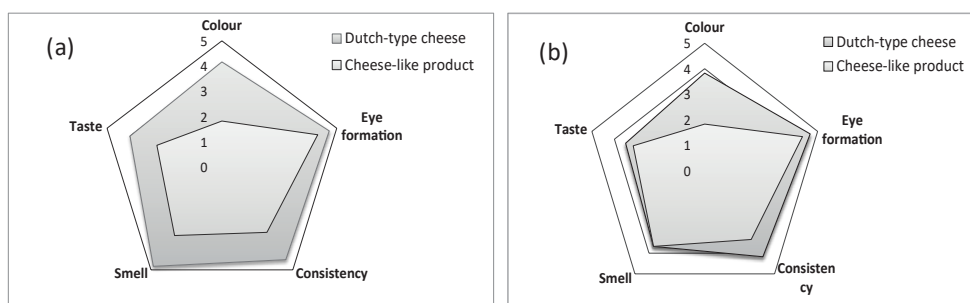


Fig. 7. Evaluation of sensory attributes of cheeses and cheese-like products after 1th month (a) 2nd months of storage

Source: own study.

After 3 months of storage, the cheeses were rated at 3.73, and the parameters assessed as the worst were taste and smell, i.e. key parameters for the products food [Yu et al. 2018]. After 3 months of storage, the eyelet or the smell were better assessed in the cheese-like products, the taste leveled out in both products, while the perception of the color of the cheese-like products were definitely the worst until the very end (Fig. 8).

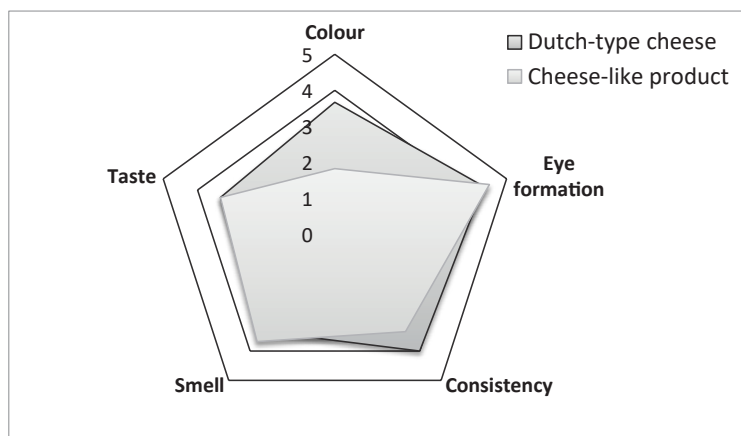


Fig. 8. Evaluation of sensory attributes of cheeses and cheese-like products after 3th months of storage

Source: own study.

The cheese-like products were characterized by lower sensory quality than cheeses during ripening (Fig. 5-6), while their sensory quality attributes improved during storage (Fig. 7-8).

The study by El-Salam [2015] confirmed that replacement of milk fat with sunflower oil and the addition of whey protein concentrate to fresh Tallaga cheese had a negative impact on the sensory quality of cheese. In a sensory evaluation, control cheeses ranked significantly higher than experimental cheeses. Original Turkish Kashar cheese also scored much higher in a sensory analysis than Kashar-like cheese containing a vegetable oil blend. The quality of control cheeses and cheese-like products deteriorated with ripening time [Dunki et al. 2011]. Similar

conclusions on storage stability were stated by Dharaiya et al. [2016], who tested Mozzarella cheese analogue, produced with palm kernel oil (partly hydrogenated fat) based vegetable fat compared to natural Mozzarella cheese. Cheese analogue had better functional stability as compared to control cheese during refrigerated storage.

3. Conclusions

A greater range and a lower depth of proteolysis were found in cheese-like products, compared to cheeses, which proves that the activity of bacterial proteolytic enzymes towards palm oil is lower than towards milk fat.

The substitution of milk fat with palm oil resulted in the deterioration of the sensory quality of cheese-like products in comparison with cheeses, although an improvement in the sensory quality of cheese-like products was observed with the increase in storage time, as opposed to cheeses.

The substitution of milk fat with palm oil can be a good strategy to extension shelf life of this products, because the storage stability of the cheese-like products assessed as sensory quality is better than that of cheeses. This can be important during in export and using cheese-like products in HoReCa (Hotel, Restaurant, Catering & Cafe) service.

4. Acknowledgements

The publication is the result of J.K. Banach industrial internship, which was co-financed by the European Social Fund (Operational Program Knowledge Education Development), carried out in the project of Development Program at the University of Warmia and Mazury in Olsztyn (project No. POWR.03.05.00-00-Z310/17).

References

- Aljewicz, M., Cichosz, G. & Kowalska, M., 2011, *Produkty seropodobne, analogi serów topionych i dojrzewających*. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, vol. 5, no.78, pp.16-25.
- Amarita, F.E.A., 2001, *Lactobacillus casei and Lactobacillus plantarum initiate catabolism of methionine by transamination*. Journal of Applied Microbiology, vol. 90, no. 6, pp. 971-978.
- Amarita, F.E.A., 2001, *Lactobacillus casei and Lactobacillus plantarum initiate catabolism of methionine by transamination*. Journal of Applied Microbiology, vol. 90, no. 6, pp. 971-978.
- Bielecka, M. & Cichosz, G., 2020, *The effect of milk fat replacement and the addition of Lactobacillus paracasei LPC-37 on the sensory properties of cheeses*. Mljekarstvo: časopis za unaprjeđenje proizvodnje i prerade mlijeka, vol.70, no. 1, pp. 28-39.
- Bielecka, M. M. & Cichosz, G., 2017, *The influence of an adjunct culture of Lactobacillus paracasei LPC-37 on the physicochemical properties of Dutch-type cheese during ripening*. LWT-Food Science and Technology, vol. 83, pp. 95-100.
- Cichosz, G., Konopka, A. & Zalecka, A., 2005, *Ripening of the Gouda cheese-monitoring using an appeal method and alternative methods*. Żywność Nauka. Technologia. vol. 4, no. 45, pp. 62-61.
- Collins, Y. F., McSweeney, P. L. H. & Wilkinson, M. G., 2003, *Lipolysis and free fatty acid catabolism in cheese: a review of current knowledge*. International Dairy Journal. vol. 13, no. 11, pp. 841-866.
- Dharaiya, C.N., Jana, A.H. & Aparnathi, K.D., 2019, *Functionality of Mozzarella cheese analogues prepared using varying protein sources as influenced by refrigerated storage*. Journal of Food Science and Technology, vol. 56, pp. 5243–5252
- Dinkçi, N., Kesenkaş, H., Seçkin, AK., Kınık, Ö. & Gönç, S., 2011, *Influence of a vegetable fat blend on the texture, microstructure and sensory properties of kashar cheese*. Grasas y Aceites, vol. 62 no. 3, pp. 275-283.
- Dustrerhoff, E.-M. V. D. B. G., 2007, *Dutch- type cheese*. McSweeney PLH, editor, Cheese Problems Solved.
- El-Salam, B.A.A., 2015, *Effect of milk fat replacement with vegetable oil and/or whey protein concentrate on microstructure, texture and sensory characteristics of fresh soft cheese*. International Dairy Journal vol. 10 no. 3, pp. 117-125
- El-Tanboly E. S., El-Hofi M., Abd-Rabou N.S. & El-Desoki, W., 2010, *Contribution of mesophilic starter and adjunct lactobacilli to proteolysis and sensory properties of semi hard cheese*. Journal of American Science, vol. 6 no. 9, pp. 68-73.
- Feeney, E. L., Lamichhane, P. & Sheehan, J. J., 2021, *The cheese matrix: Understanding the impact of cheese structure on aspects of cardiovascular health—A food science and a human nutrition perspective*. International Journal of Dairy Technology. Vol. 74, no. 4, pp. 656 – 670.
- Fenelon, M.A., O'connor, P. & Guinee, T.P., 2000, *The effect of fat content on the microbiology and proteolysis in Cheddar cheese during ripening*. Journal of Dairy Science, vol. 83, no.10, pp. 2173-2183.
- Foegeding, E. A. E. A., 2003, *Sensory and mechanical aspects of cheese texture*. International Dairy Journal, vol. 13, no. 8, pp. 585-591.
- Hayaloglu, A.A.E.A., 2005, *Influence of starters on chemical, biochemical, and sensory changes in Turkish white-brined cheese during ripening*. Journal of Dairy Science, vol. 88, no.10, pp. 3460-3474..
- ISO 22935-3:2009 *Milk and milk products - Sensory analysis - Part 3 Guidance on a method for evaluation of compliance with product specifications for sensory properties by scoring*.
- ISO 27871: 2011 (IDF 224:2011). *Cheese and processed cheese - Determination of the nitrogenous fraction*.

- ISO 3433:2008 (IDF 222:2008). *Cheese - Determination of fat content - Van Gulik method*.
- ISO 4121:2003. *Sensory analysis - Guidelines for the use of quantitative response scales*. Geneva, Switzerland
- ISO 5534:2004 (IDF 4:2004). *Cheese and processed cheese - Determination of the total solids content (Reference method)*.
- ISO 5943:2006 (IDF 88:2006). *Cheese and processed cheese products - Determination of chloride content - Potentiometric titration method*.
- ISO 707:2008 (IDF 50:2008). *Milk and milk products. Guidance on sampling*.
- ISO 8586:2012. *Sensory analysis - General guidelines for the selection, training and monitoring of selected assessors and expert sensory assessors*. Geneva, Switzerland,
- ISO 8589:2007. *Sensory analysis - General guidance for the design of test room*. Geneva, Switzerland,
- ISO 8968-1:2014 (IDF 20-1:2014). *Milk and milk products - Determination of nitrogen content - Kjeldahl principle and crude protein calculation*.
- ISO 8968e1:2014 (IDF 20-1:2014). *Milk and milk products - Determination of nitrogen content - Kjeldahl principle and crude protein calculation*.
- Liu, S.-Q., 2003, *Practical implications of lactate and pyruvate metabolism by lactic acid bacteria in food and beverage fermentations*. International Journal of Food Microbiology, vol. 83, no.2, pp. 115-131.
- Mariod, A.A., 2016. Effect of essential oils on organoleptic (smell, taste, and texture) properties of food. Essential oils in food preservation, flavor and safety, pp. 131-137.
- Mcsweeney, P.L. & Sousa, M.J., 2000, *Biochemical pathways for the production of flavour compounds in cheeses during ripening: A review*. Le Lait, vol. 80, no. 3, pp. 293-324.
- Mcsweeney, P. L., 2004, *Biochemistry of cheese ripening*. International Journal of Dairy Technology, vol. 57, no. 2-3, pp. 127-144.
- Michalska, A. & Bielecka, M., 2022. *Jakość surowca determinantą jakości serów dojrzewających*. Przegląd Mleczarski, vol. 7.
- Mistry V.V., 2001, *Low-fat cheese technology*. International Dairy Journal. vol. 11, pp. 413-422.
- O'Mahony, L. E. A., 2005, *Lactobacillus and bifidobacterium in irritable bowel syndrome: symptom responses and relationship to cytokine profiles*. Gastroenterology, vol. 128, no.3, pp. 541-551.
- Pereira, C.I.E.A., 2008, *Proteolysis in model Portuguese cheeses: Effects of rennet and starter culture*. Food Chemistry, vol. 108, no. 3, pp. 862-868.
- Priyashantha, H. & Lundh, Å., 2021, *Graduate Student Literature Review: Current understanding of the influence of on-farm factors on bovine raw milk and its suitability for cheesemaking*. Journal of Dairy Science, vol. 104, no.11, pp. 12173-12183.
- Santiago-López, L.E.A.I.R., 2018, *Bioactive compounds produced during cheese ripening and health effects associated with aged cheese consumption*. Journal of Dairy Science, vol. 101, no. 5, pp. 3742-3757.
- Sato, R. T., Vieira, A.T.B., Jaqueline Camisa, J., Vianna, P.C.B. & de Rensis, C.M.V.B., 2012, *Assessment of proteolysis and sensory characteristics of Prato cheese with adjunct culture*. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, vol. 33 no. 2, pp. 3143-3152.
- Total Consumer Report, 2018, The Nielsen Company (US), L. A. R. R.
- Wagoner, T. B. E. A., 2020, *Viscosity drives texture perception of protein beverages more than hydrocolloid type*. Journal of Texture Studies, vol.51, no.1, pp. 78-91.
- Yu, P., Low, M. Y. & Zhou, W., 2018, *Design of experiments and regression modelling in food flavour and sensory analysis: A review*. Trends in Food Science & Technology, vol. 71, pp. 202-215.

OCENA WARTOŚCI ODŻYWCZEJ HERBATY UPRAWIANEJ I PRZETWARZANEJ W RÓŻNYCH WARUNKACH

JOANNA KLEPACKA¹, ELŻBIETA TOŃSKA¹,
RYSZARD RAFAŁOWSKI¹, MARTA CZARNOWSKA-KUJAWSKA¹,
AGNIESZKA NAJDA²

¹ Katedra Towaroznawstwa i Badań Żywności, Wydział Nauki o Żywności,
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie,

e-mail: klepak@uwm.edu.pl

² Katedra Warzywnictwa i Ziolarstwa, Wydział Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu,
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie,

e-mail: agnieszka.najda@up.lublin.pl

Streszczenie

W pracy przeanalizowano wpływ miejsca uprawy i sposobu przetwarzania liści herbaty na jej wartość odżywczą mierzoną poziomem działających silnie przeciwutleniająco związków fenolowych oraz wybranych składników mineralnych (Cu, Mn, Fe, Zn). Analizie poddano napary uzyskane z liści 33 różnych rodzajów herbaty należących do 6 grup ze względu na proces ich przetwarzania oraz uprawiane w 6 krajach. Wykazano, że wartość odżywcza naparów herbaty zależała zarówno od miejsca uprawy krzewów herbacianych, jak i sposobu przetwarzania liści. Najwyższą wartość odżywczą posiadały napary uzyskane z liści herbaty zielonej, wśród których szczególnie bogate w związki fenolowe i Zn były herbaty uprawiane w Indiach, natomiast najlepszym źródłem Mn i Fe były napary herbat pochodzących z Chin.

Słowa kluczowe: herbata, napary, polifenole, przeciwutleniacze, składniki mineralne

Wstęp

Na rynku znaleźć można wiele różnych rodzajów i gatunków herbaty (*Camellia sinensis*), a producenci chętnie wprowadzają do sprzedaży jej nowe odmiany [Dmowski i Sieńkowska 2015; Prasanth i in. 2019]. Jest to związane z częstym pićciem herbaty, dzięki czemu znajduje się ona w czołówce najchętniej spożywanych

w postaci ciepłej napojów na świecie. Konsumenci szczególnie cenią smak jej naparów, ale coraz częściej zdają sobie również sprawę z jej korzystnego wpływu na organizm. Wynika on przede wszystkim z obecności składników przeciwutleniających, wśród których szczególne znaczenie mają związki fenolowe i niektóre składniki mineralne [Shahidi i Ambigaipalan 2015; Samadi i Fard 2020]. Najważniejsze związki fenolowe herbaty to taniny i katechiny oraz ich pochodne. W świeżych liściach herbaty dominują flawan-3-ole, których poziom i struktura zmieniają się w czasie procesów przetwórczych [Karak i in. 2017; Nordin i in. 2017; Cleverdon i in. 2018]. W herbacie zielonej dominują występujące w formie monomerycznej katechiny, takie jak: epikatechina, epigallokatechina, galusan epikatechiny oraz galusan epigallokatechiny, a w czasie procesów fermentacyjnych mogą być one częściowo utleniane do takich związków jak np. teaflawiny i tearubiginy oraz inne pochodne fenolowe o wysokiej masie cząsteczkowej [Wołosiak i in. 2017; Paiva et al. 2021]. Badania epidemiologiczne wskazują na występowanie istotnych statystycznie zależności korelacyjnych między spożywaniem polifenoli a zmniejszoną zachorowalnością na niektóre rodzaje nowotworów i inne choroby przewlekłe, m.in. choroby sercowo-naczyniowe, neurodegeneracyjne czy cukrzycę typu II [Griffits i in. 2016; Del Bo' i in. 2019; Gaeini i in. 2019; Boccelino i D'Angelo 2020; Diniz i in. 2020; Kandyliari et al. 2021; Li i in. 2021]. Badania własne wykazały, że bardzo dobrym źródłem polifenoli w diecie człowieka może być herbata, ponieważ wypicie jednego litra jej naparów pozwala na pokrycie w całości dziennej, zalecanej do spożycia, ilości związków fenolowych (niezależnie od rodzaju herbaty) [Klepacka i in. 2021; Klepacka 2022].

Wielu autorów podaje, że działanie przeciwutleniające związków fenolowych związane jest w dużym stopniu z zawartością składników mineralnych, a w szczególności miedzi i manganu [Zieliński i in. 2012; Arceusz i Wesołowski 2015; Choi i in. 2019; Klepacka i in. 2021]. Interakcje zachodzące między polifenolami a składnikami mineralnymi mogą prowadzić do zwiększania wzajemnej aktywności, ale mogą ją również ograniczać poprzez tworzenie nierozpuszczalnych połączeń. O kierunku wzajemnego oddziaływania decyduje poziom tych związków oraz formy chemiczne jakie tworzą, a także zawartość innych składników występujących w żywności,

a zwłaszcza szczawianów, fitynianów czy wielofosforanów [Brzezicha-Cirocka i in. 2016b; Klepacka 2022].

Składniki mineralne występują w herbacie na poziomie od 4 do 7%, a ich zawartość zależy przede wszystkim od składu gleby i procesu przetwarzania liści [Brzezicha-Cirocka i in. 2016a; Garbowska i in. 2017; Jabeen i in. 2019]. Do najważniejszych z nich należą: mangan, miedź, żelazo i cynk, a także magnez, wapń, sód i potas. Substancje mineralne wchodzą w skład wszystkich tkanek ustroju i biorą udział w wielu procesach życiowych warunkując ich prawidłowy przebieg. Są materiałem budulcowym, składnikiem protoplazmy i wielu ważnych biologicznie związków, takich jak np. hemoglobina, enzymy czy witaminy [Karak i Bhagat 2010; Koniecznyński i in. 2017]. W postaci zjonizowanej związku te odgrywają decydującą rolę w utrzymaniu stałości składu i odczynu tkanek i cieczy ustrojowych oraz spełniają funkcję regulatorów ciśnienia osmotycznego. Ich nieodpowiednia ilość w diecie może prowadzić do charakterystycznych zaburzeń i zwiększać ryzyko chorób cywilizacyjnych, takich jak: osteoporoza, nadciśnienie, nowotwory, choroba wieńcowa czy cukrzyca [Karak i in. 2017]. Badania własne wykazały, że znaczącym źródłem związków mineralnych w diecie człowieka mogą być napary herbaty, co jest szczególnie zauważalne w przypadku manganu. Wypicie 3-4 kubków (czyli ok. 1 litra) naparu dowolnej herbaty umożliwia pokrycie całkowitego dziennego zapotrzebowania na ten pierwiastek, a w przypadku herbaty zielonej efekt ten można uzyskać spożywając ją w ilości 3-krotnie mniejszej [Klepacka i in. 2021; Klepacka 2022].

Na rynku znaleźć można liście herbaty przetwarzane w różny sposób, dzięki czemu uzyskuje się napary o różnych cechach sensorycznych i zróżnicowanym składzie chemicznym [Koniecznyński i in. 2017; Chupeerach i in. 2021]. Herbatą najbardziej popularną w wielu krajach europejskich jest herbata czarna, której liście poddawane są prawie pełnemu utlenianiu (stopień zaawansowania tych procesów ocenia się na 90-95%) [Nordin i in. 2017]. Łagodniejsza oksydacja zachodzi w liściach herbaty oolong, a intensywność prowadzenia tego procesu może wynosić od 15 do 85%, co nadaje jej zróżnicowane cechy sensoryczne. Smak krótko utlenianej herbaty oolong zbliżony jest do smaku naparów herbaty zielonej, a dłuższe prowadzenie

tego procesu nadaje naparom cechy sensoryczne zbliżone do cech herbaty czarnej [Almeida in. 2019]. W wielu krajach azjatyckich najchętniej pije się herbatę zieloną, której liście przetwarzane są w niewielkim stopniu, ponieważ zaraz po ich zebraniu owiewa się je gorącym powietrzem w celu inaktywacji enzymów i zahamowania procesu utleniania. Ich cechy są więc bardzo zbliżone do właściwości liści świeżych, dzięki czemu uzyskane z nich napary mają zieloną barwę i charakterystyczny smak „trawiasty” [Bienia i in. 2019; Paiva i in. 2021]. Herbatą przetwarzaną w najmniejszym stopniu jest herbata biała, której liście i pąki zaraz po zebraniu rozkłada się na słońcu i pozostawia do zwiędnięcia, a następnie suszy w specjalnych suszarkach. W tym czasie zachodzi w nich łagodna i spontaniczna oksydacja, wyparowuje też nadmiar wody [Chupeerach i in. 2021]. W niewielkim stopniu są też przetwarzane liście najrzadziej spotykanej na rynku herbaty żółtej, którą uzyskuje się przez poddanie zebranych liści działaniu wysokiej temperatury (co skutkuje inaktywacją enzymów powodujących utlenianie), a następnie zawinięciu ich w papier lub materiał i poddaniu krótkotrwałemu procesowi fermentacji [Podwika i in. 2018]. Herbatą fermentowaną bardzo długo jest herbata czerwona (pu-erh), w której liściach proces ten przebiega przez kilka, a nawet kilkanaście, lat, co nadaje jej specyficzne (nie przez wszystkich konsumentów akceptowane) cechy sensoryczne [Lv i in. 2013].

Liście herbaty uprawia się w wielu krajach, a do największych jej producentów zalicza się Chiny i Indie [Unfao 2018; Faostat 2020]. Panujące w różnych krajach warunki klimatyczne i glebowe wpływają istotnie na cechy sensoryczne i skład chemiczny zebranych liści, co w zestawieniu z różnymi sposobami ich przetwarzania wpływa na bardzo szeroki asortyment występujących na rynku herbat. Z tego powodu za cel niniejszej pracy przyjęto określenie, w jakim stopniu wartość odżywcza herbaty zależy od miejsca uprawy i sposobu przetwarzania jej liści.

1. Materiał i metodyka badań

Materiałem badań były liście 33 różnych rodzajów herbaty bez dodatków zakupione w czerwcu 2020 roku w jednym ze sklepów w Olsztynie (rejon Warmia i Mazury, Polska) należącym do sieci sklepów specjalizujących się w sprzedaży tego

surowca. Były to wszystkie dostępne w tym czasie w ofercie tego sklepu herbaty liściaste bez dodatków o znanym kraju pochodzenia.

Napary herbaty sporządzono poprzez zalanie 2 g liści herbaty za pomocą 100 ml wrzącej wody dejonizowanej. Ekstrakcję liści prowadzono pod przykryciem przez 15 min, a następnie przesączono je i poddano dalszym analizom.

Wszystkie analizy wykonywano w trzech powtórzeniach równoległych.

Do oznaczenia wartości odżywczej naparów herbaty zastosowano wymienione niżej metody analityczne.

1.1. Oznaczanie ogólnej zawartości związków fenolowych

Zawartość związków fenolowych ogółem oznaczono metodą spektrofotometryczną [Ribereau-Gayon 1972 w modyfikacji Guo i in. 2011] polegającą na dodaniu do naparów herbaty odczynnika Folina – Ciocalteu i węglanu sodu, a następnie pomiarze absorbancji uzyskanych roztworów barwnych za pomocą spektrofotometru przy długości fali $\lambda = 720$ nm, wobec próby kontrolnej (odczynnikowej). Wyniki wyrażono jako ekwiwalent kwasu galusowego przy użyciu wyznaczonej dla tego związku krzywej wzorcowej ($y=0,0223x - 0,1916$, $R^2=0,990$).

1.2. Oznaczanie aktywności przeciwutleniającej

Aktywność przeciwutleniającą wodnych naparów herbaty wyznaczono poprzez określenie ich zdolności do wygaszania rodnika DPPH (1,1-difenylo-2-pikrylohydrozyl) [Brand-Williams i in. 1995; Qin i in. 2013]. Zdolność neutralizowania rodnika DPPH określono na podstawie oznaczanych kolorymetrycznie zmian stężenia stabilnego rodnika DPPH wobec próby kontrolnej. Pomiaru absorbancji dokonano przy długości fali $\lambda=517$ nm, po 20 minutach inkubacji w temperaturze pokojowej, bez dostępu światła.

Zdolność badanych ekstraktów do przeciwdziałania reakcji utleniania obliczano ze wzoru:

$$\% \text{ inhibicji} = 100 - \{[(A_w - A_0) \times 100] / A_k\}$$

gdzie:

A_w – absorbancja próby właściwej (badanego ekstraktu);

A_0 – absorbancja próby zerowej;

A_k – absorbancja próby kontrolnej (z syntetycznym rodnikiem DPPH).

1.3. Oznaczanie zawartości związków mineralnych

Zawartość wybranych składników mineralnych (Cu, Mn, Fe i Zn) oznaczono metodą płomieniowej spektrometrii absorpcji atomowej [Whiteside i Miner 1984]. Produkty mineralizowano na mokro w mieszaninie stężonego kwasu azotowego (HNO_3) i nadchlorowego (HClO_4) w proporcji 3:1. Proces ten przeprowadzono w elektrycznym aluminiowym bloku grzejnym z programowaniem temperatury (model VELP DK 20, firmy VELP Scientifica, Włochy), przez 4–6 godzin, podnosząc stopniowo temperaturę od 120° do 200°C . Równocześnie z próbami badanymi przygotowywano próby odczynnikowe. Zawartość poszczególnych składników mineralnych oznaczano techniką płomieniowej spektrometrii absorpcji atomowej (płomień acetylen-powietrze), stosując aparat iCE 3000 Series-Thermo, USA, wyposażony w stację danych Glite, korekcję tła (lampa deuterowa) oraz odpowiednie lampy katodowe. Oznaczanie pierwiastków przeprowadzono z zastosowaniem następujących długości fali: 324,8 nm (Cu), 279,5 nm (Mn), 248,3 (Fe) i 213,9 nm (Zn).

1.4. Analiza statystyczna uzyskanych wyników

Wyniki oznaczeń przedstawiono jako średnie arytmetyczne. Aby określić, czy różnice w wielkości oznaczanych parametrów są istotne statystycznie dokonano analizy wariancji uzyskanych wyników z zastosowaniem testu Duncana za pomocą programu STATISTICA 13.3.

2. Omówienie i dyskusja wyników

2.1. Analiza wartości odżywczej herbaty uprawianej i przetwarzanej w różnych warunkach

Zakupione do badań liście herbaty wytwarzane były z zastosowaniem 6 najbardziej popularnych dla tego surowca metod przetwarzania, na podstawie których podzielono je na następujące rodzaje: biała, żółta, zielona, oolong, pu-erh i czarna (tab. 1). Najliczniejszą grupę stanowiły herbaty zielone, których 16 rodzajów znaleziono w roku 2020 w jednym ze specjalistycznych sklepów zajmujących się sprzedażą tego napoju. Były one uprawiane w 6 krajach, wśród których najpopularniejszym do uprawy liści herbaty krajem były Chiny (skąd pochodziło 9 herbat zielonych) i Japonia (w której uprawiano liście 4 typów tego surowca). O tym, że Chiny są najpopularniejszym miejscem uprawy liści herbaty zielonej donosi wielu autorów [Qin i Chen 2007; Pinto i in. 2020; Klepacka i in. 2021], którzy podkreślają że jest to kraj, w którym ten rodzaj herbaty zaczęto pić już w 2737 roku p.n.e. [Piela 2015].

W dość dużej ilości występowały w sprzedaży również herbaty czarne, których 11 typów znaleziono w ofercie wybranego sklepu. Surowiec do wytwarzania tego rodzaju herbaty wytwarzano najczęściej w Indiach, skąd pochodziło 7 typów herbaty czarnej, z Chin pochodziły 3 jej typy a z Kenii tylko 1. Liście herbaty białej, żółtej, oolong i pu-erh uprawiano jedynie w Chinach, skąd pochodziły 2 typy herbaty białej i pu-erh oraz 1 typ herbaty żółtej i oolong. Popularność Indii jako miejsca uprawy i wytwarzania herbaty czarnej sięga wielu lat wstecz [Piela 2015]. Szczególnie znana jest w tym zakresie prowincja Assam, od której pochodzi nazwa jednej z najchętniej pitych herbat czarnych [Shen i in. 2018]. W roku 2020 wyprodukowano w Indiach 1 255 600 ton herbaty, natomiast w Chinach wytworzono jej 2 740 000 ton [Internet 1]. Oba kraje wytwarzają łącznie 60% światowej produkcji herbaty [Internet 2].

Analizując dane zestawione w Tabeli 1 należy stwierdzić, że najbogatszym źródłem większości oznaczanych składników wpływających na wartość odżywczą herbaty były napary herbaty zielonej. Oznaczona w nich zawartość związków fenolowych mieściła się w zakresie od 101,50 do 152,16 mg/100 ml i była najniższa

w przypadku herbaty uprawianej i wytwarzanej w Chinach, a najwyższa dla herbaty pochodzącej z Indii. Zawartość tych składników w naparach herbaty czarnej była prawie dwukrotnie niższa i mieściła się w zakresie od 59,73 mg/100 ml (napary herbaty pochodzącej z Chin) do 76,90 mg/100 ml (napary herbaty pochodzącej z Kenii). Związki fenolowe stanowią bardzo pożądaną składnik ludzkiej diety, ponieważ wykazują silne właściwości przeciwutleniające, które mają szczególne znaczenie w prewencji wielu chorób cywilizacyjnych wywoływanych przez reaktywne formy tlenu (np. nowotworów czy schorzeń neurodegeneracyjnych) [Del Bo' i in. 2019; Martins i in. 2019]. Polifenole mogą wykazywać również działanie antymutagenne, przeciwmiażdżycowe, przeciwosteoporotyczne, przeciwalergiczne, przeciw-wirusowe i przeciwdrobnoustrojowe. Mogą również wpływać na obniżenie poziomu cukru we krwi, obniżanie masy ciała, regulowanie poziomu cholesterolu, a nawet wykazywać działanie przeciwdepresyjne czy ograniczać śmiertelność spowodowaną zakażeniem COVID-19 [Diniz i in. 2020; Terekhina i Goryacheva 2020; Unno i in. 2020; Yonekura i in. 2020; Klepacka i in. 2021].

Tabela 1. Charakterystyka wartości odżywczej herbaty uprawianej w różnych warunkach

Lp.	Rodzaj herbaty	Kraj uprawy	Ilość próbek	Związki fenolowe ogółem [mg/100 ml]	AA [%]	Zawartość wybranych składników mineralnych [µg/100 ml]			
						Cu	Mn	Fe	Zn
1.	biała	Chiny	2	61,5±1,20 d	34,00±2,44 de	5,31±0,25 a	481,5±179,0 abc	1,99±0,39 d	34,95±1,33 d
2.	żółta	Chiny	1	79,10±1,74 cd	40,51±1,47 c	4,75±0,17 ab	289,0±0,97 d	1,96±0,20 d	43,4±3,42 c
3.	zielona	Chiny	9	101,50±18,87c	56,00±12,57 bc	5,15±3,54 ab	627,2±386,9 a-e	7,88±2,84 ab	35,33±19,52 d-f
		Indie	1	152,2±1,04 a	89,36±1,00 a	2,60±0,05 b	555,0±1,00 b	7,00±1,00 b	52,20±0,01 b
4.	oolong	Japonia	4	110,28±22,96 bc	51,13±11,76 cd	1,16±0,60 c	361,7±62,36 c	5,84±1,87 bc	24,32±7,00 e
		Korea	1	128,78±2,01 b	70,70±2,35 b	1,34±0,10 c	316,0±2,00 c	8,30±1,12 b	28,13±2,01 e
		Wietnam	1	136,2±0,01b	75,09±0,00 b	3,03±0,00 b	236,0±0,00 e	5,81±0,01 b	33,70±0,01 d
5.	pu-erh	Chiny	1	62,66±1,01 d	33,70±1,06 de	3,66±0,15 b	317,0±0,62 c	4,40±0,37 c	8,8±0,41 g
		Chiny	2	48,63±4,90 de	21,12±1,81 f	2,74±0,41 b	219,1±5,21e	13,32±1,31 a	86,7±68,98 a-f
6.	czarna	Chiny	3	59,73±18,92 d	26,49±7,91 ef	5,09±1,17 ab	370,3±127,7 cde	5,55±1,47 bc	25,53±5,22 de
		Indie	7	72,41±17,40 cd	34,89±10,70 de	5,03±1,92 ab	248,9±42,64 de	3,53±1,21 c	20,49±7,16 ef
		Kenia	1	76,90±0,01 cd	39,48±0,00 cde	3,67±0,00 b	292,0±0,00 d	6,52±0,01 b	21,40±0,01 f
		razem:	33						

a, b, c – wartości oznaczone dla produktów w obrębie każdego zakładu tymi samymi literami nie różnią się między sobą istotnie statystycznie przy $p < 0,05$

Potwierdzeniem wysokiej zawartości zaliczanych do antyoksydantów związków fenolowych w liściach herbaty zielonej jest wysoka aktywność przeciwutleniająca jej naparów. Określono ją zdolnością do wygaszania rodnika DPPH, która dla naparów tego rodzaju herbaty przyjęła wartości od 51,13% (liście pochodzące z Japonii) do 89,36% (liście pochodzące z Indii). Napary uzyskane z liści herbaty czarnej charakteryzowały się o połowę niższym działaniem przeciwutleniającym (co jest potwierdzeniem tendencji zaobserwowanych w przypadku związków fenolowych) kształtującym się na poziomie od 26,49% (napary herbaty pochodzącej z Chin) do 39,48% (napary herbaty pochodzącej z Kenii). Szczególne znaczenie związków fenolowych w ogólnej aktywności przeciwutleniającej herbaty potwierdzają badania wielu autorów [Szajdek i Borowska 2004, Bienia i in. 2019, Liczbiński i Bukowska 2022, Ma i in. 2022]. Potwierdzeniem tej zależności są również poprzednie prace naszego zespołu, w których wykazaliśmy wysokie i statystycznie istotne zależności korelacyjne ($r=0,9288$) między całkowitą zawartością występujących w naparach herbaty związków fenolowych a aktywnością przeciwutleniającą badanych naparów [Klepacka i in. 2021].

Wśród składników mineralnych w największej ilości występował mangan, którego najlepszym źródłem były napary herbaty zielonej uprawianej w Chinach ($627,2 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$), a najmniej zawierały go napary herbaty pu-erh również uzyskane z liści uprawianych w tym kraju ($219,1 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$). O wysokiej zawartości manganu w liściach herbaty donosi wielu autorów którzy wskazują że o jego poziomie decyduje w największym stopniu sposób produkcji herbaty [Brzezicha-Cirocka i in. 2016b; Garbowska i in. 2017; Podwika i in. 2018; Klepacka i in. 2021].

Analizowane napary herbaty były też dość dobrym źródłem cynku, który występował w zakresie od $8,8$ do $86,7 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$. Najlepsze źródło tego pierwiastka stanowiły napary uprawianej w Chinach herbaty pu-erh, ponieważ spożycie 1 litra naparów uzyskanych z ich liści umożliwia pokrycie 10% dziennego zapotrzebowania na ten pierwiastek [Klepacka i in. 2021], natomiast najmniej cynku zawierała herbata Oolong, również uprawiana w tym kraju. Na duże zróżnicowanie poziomu cynku w próbkach pochodzących z rynku liści herbaty wskazują również Brzezicha-Cirocka i in. [2016] oraz Pinto i in. [2020].

Zawartość żelaza kształtowała się w zakresie od około 2 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ (taki poziom oznaczono w pochodzących z Chin liściach herbaty białej i żółtej) do 13,32 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ (tak wysoką zawartość tego pierwiastka oznaczono w liściach herbaty pu-erh, którą również uprawiano w Chinach). Potwierdzeniem wysokiej zawartości żelaza w naparach herbaty pu-erh są również badania Garbowskiej i in. [2018] oraz Choi i in. [2019].

Spośród analizowanych pierwiastków na najniższym poziomie występowała miedź, którą oznaczono w ilości 1,34 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ w pochodzącej z Korei herbacie zielonej, a w herbatach pochodzących z Chin (białej, żółtej i czarnej) pierwiastek ten występował na poziomie ok. 5 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$. O niskim poziomie miedzi w liściach herbaty donosi wielu autorów [Stańczyk i in. 2010; Zhang i in. 2018; Dobrinas i in. 2021; Klepacka i in. 2021], którzy wskazują na to, że o jej poziomie decyduje w dużym stopniu skład gleby na której uprawia się krzewy herbaciane a także zanieczyszczenia pojawiające się w wyniku kontaktu liści herbaty z różnymi powierzchniami stosowanymi w czasie jej wytwarzania.

Podsumowując dane zestawione w tabeli 1 należy stwierdzić, że wpływ rodzaju herbaty (traktowanej jako technologię jej przetwarzania) na zawartość oznaczanych składników jest najbardziej zauważalny w przypadku związków fenolowych i związanej z ich obecnością aktywności przeciwutleniającej. Pod wpływem różnego sposobu przetwarzania liści herbaty poziom tych wyróżników zmieniał się w stopniu istotnym statystycznie. Najlepszym źródłem tych związków są napary herbaty zielonej, którą uzyskuje się z liści prawie nieprzetwarzanych, a najmniej polifenoli występuje w herbatach czarnych, które przetwarzane są w istotnym stopniu. Największą różnicą technologiczną związaną z wytwarzaniem herbat tego typu jest całkowite zahamowanie procesu enzymatycznego utleniania liści w przypadku herbaty zielonej, co uzyskuje się poddając jej świeżo zebrane liście działaniu wysokiej temperatury, która inaktywuje występujące w nich enzymy [Almeida i in. 2019]. Liście herbaty czarnej poddawane są natomiast prawie pełnemu utlenieniu (szacuje się, że proces ten przebiega w 90-95%), które powoduje ich ciemnienie i zachodzące w tym czasie straty związków fenolowych [Samadi i Fard 2020]. O wpływie procesu przetwarzania herbaty na poziom związków fenolowych donoszą również

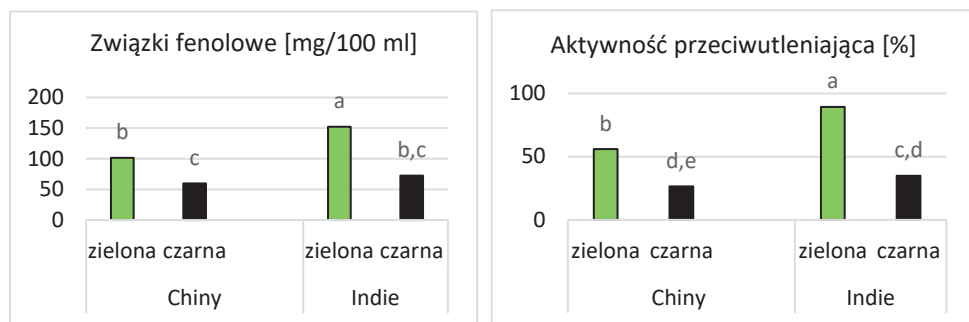
Zhang i in. [2022] podając, że w czasie procesu utleniania jej liści następują istotne zmiany ilościowe w składzie i zawartości tych związków. Pod wpływem występującego w liściach herbaty enzymu – oksydazy polifenolowej, katechiny przekształcają się w związki fenolowe o większej masie cząsteczkowej, które mogą być trudno wymywane z liści wodą.

Trudno jest natomiast określić jednoznacznie wpływ stopnia zaawansowania procesu obróbki liści herbaty na zawartość związków mineralnych. Jest to związane z dużym zróżnicowaniem poziomu tych składników w obrębie poszczególnych rodzajów herbaty, co wpłynęło na dość duże wartości odchyień standardowych określonych dla podanych w tabeli 1 wartości średnich. Powoduje to, że mimo łatwo zauważalnych rozbieżności między nimi, różnice te nie są potwierdzane w testach statystycznych. Wydaje się prawdopodobne, że im mniejszy stopień przetwarzania liści herbaty, tym wyższa w nich zawartość miedzi i manganu, których najwięcej zawierały niektóre herbaty białe i zielone. Prowadzenie bardziej zaawansowanej obróbki powodowało podwyższenie poziomu żelaza i cynku, a było to najbardziej zauważalne w przypadku herbaty pu-erh, której liście zawierały ich kilkukrotnie więcej niż niektóre z pozostałych herbat. W wytwarzaniu tego rodzaju herbaty najbardziej istotny jest proces fermentacji liści, który w zależności od sposobu przeprowadzania może trwać od kilku miesięcy do kilku, a nawet kilkudziesięciu lat. O wysokim poziomie żelaza i cynku w naparach herbaty pu-erh donoszą również Pohl i in. [2022] którzy polecają, aby w celu uzyskania jak największej ilości tych pierwiastków napary tej herbaty sporządzać używając wody o temperaturze 80°C a liście ekstrahować przez 5 min.

Aby wyraźniej zaobserwować wpływ miejsca uprawy liści herbaty na zawartość składników występujących w herbatach wytwarzanych w różny sposób sporządzono rys. 1-2, na których zestawiono herbaty zielone i czarne pochodzące z Chin i Indii. Są to dwa kraje produkujące największą ilość herbaty na świecie i w każdym z nich wytwarzano więcej niż jeden rodzaj badanej herbaty.

Herbaty zielone uprawiane i produkowane w Indiach odznaczały się zdecydowanie wyższą zawartością związków fenolowych i aktywnością przeciwutleniającą (rys. 1), w porównaniu z herbatami pochodzącymi z Chin. Może to wynikać z różnic

klimatycznych panujących w miejscach uprawy usytuowanych w obu krajach. Analizowane herbaty zielone pochodziły z 9 różnych prowincji chińskich i tylko 1 indyjskiej, ponieważ jedynie takie rodzaje zielonej herbaty liściastej bez dodatków oferował największy w Olsztynie dystrybutor herbaty w roku 2020. Klimat chiński jest bardzo zróżnicowany ze względu na dużą powierzchnię tego kraju, a miejsca uprawy były różnie usytuowane, w związku z czym trudno jednoznacznie określić jakie konkretne czynniki wpłynęły na poziom polifenoli. Jayasinghe i Kumar [2020] podają, że warunki klimatyczne panujące w Chinach i Indiach były przez wiele lat idealne do uprawy krzewów herbacianych ze względu na dużą ilość dobrze nasłonecznionych terenów górzystych i sprzyjający ich rozwojowi klimat monsunowy. Zagrożeniem dla uprawy herbaty w tych krajach mogą być obserwowane na całym świecie zmiany klimatyczne związane ze zbyt długo utrzymującymi się porami suchymi i bardzo gwałtownymi opadami w porze deszczowej. Takie zmiany obserwuje się w ostatnich latach szczególnie w niektórych rejonach Chin [Gao i in. 2018], co mogło spowodować mniejszą syntezę związków fenolowych w liściach herbaty uprawianych w tym kraju.

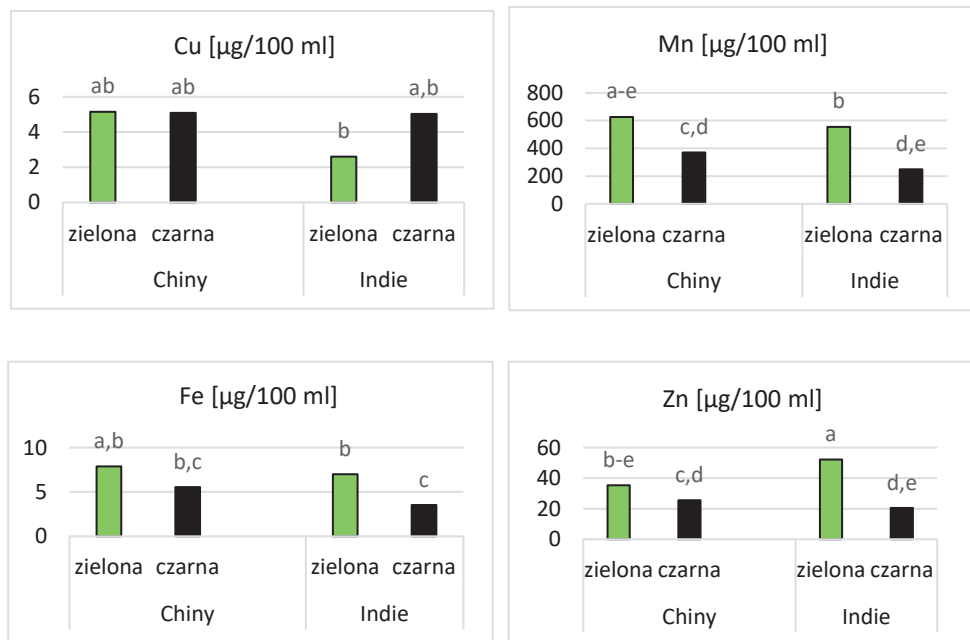


a - e – wartości oznaczone tymi samymi literami nie różnią się między sobą istotnie statystycznie przy $p < 0,05$

Rys. 1. Wpływ miejsca uprawy herbaty na poziom związków fenolowych i aktywność przeciwutleniającą

Nie stwierdzono zależności między miejscem uprawy herbaty a zawartością Cu (rys. 2), natomiast poziom pozostałych pierwiastków (Mn, Fe i Zn) wykazywał pewne związki z miejscem uprawy (większy ich poziom zawierały herbaty chińskie), ale w większości nie były to zależności istotne statystycznie. Jediną wyraźną tendencję zaobserwowano w przypadku cynku, którego zdecydowanie więcej zawierały liście herbaty zielonej pochodzące z Indii. Potwierdzeniem wysokiej kumulacji związków mineralnych w liściach herbat indyjskich są badania Czernickiej i in. [2014], co według autorów może mieć związek z dużą ilością upraw usytuowanych w tym kraju na terenach górzystych oraz szczególnej pielęgnacji krzewów herbacianych podczas ich wzrostu.

Na istotny wpływ miejsca uprawy herbaty na poziom związków mineralnych wskazują m. in. Zhang i in. [2018]. Analizowali oni świeże liście 87 herbat uprawianych w 3 różnych regionach Chin i wykazali, że różnice w zawartości 11 pierwiastków były między nimi tak duże, że umożliwiło to opracowanie matematycznego modelu zależności między miejscem uprawy krzewów herbacianych, a występowaniem w nich związków mineralnych. O różnicach w składzie herbaty w zależności od miejsca jej uprawy donoszą również Czernicka i in. [2016], natomiast Konieczny i in. [2017] potwierdzając zróżnicowanie herbat różnego typu ze względu na zawartość związków mineralnych, a także poziom polifenoli oraz ich właściwości przeciwutleniające wskazali, że wyróżniki te mogą być stosowane do matematycznego odróżniania dostępnych na rynku herbat różnego rodzaju.



a - e – wartości oznaczone tymi samymi literami nie różnią się między sobą istotnie statystycznie przy $p < 0,05$

Rys. 2. Wpływ miejsca uprawy herbaty na zawartość wybranych związków mineralnych (Cu, Mn, Fe, Zn)

3. Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań należy stwierdzić, że:

1. Wartość odżywcza herbaty zależy zarówno od miejsca uprawy, jak i sposobu przetwarzania liści. Czynniki te wpływały w największym stopniu na poziom związków fenolowych i aktywność przeciwutleniającą badanych naparów.
2. Ze względu na sposób produkcji herbatami o najwyższej wartości odżywczej były herbaty zielone. Te uprawiane w Indiach były szczególnie bogate w polifenole o wysokiej aktywności przeciwutleniającej oraz Zn, natomiast najlepszym źródłem Mn i Fe były herbaty pochodzące z Chin.

3. Trudno wskazać jasne zależności między miejscem uprawy herbaty a zawartością związków mineralnych, ponieważ ich poziom w istotnym stopniu zależy od warunków klimatycznych i glebowych panujących w czasie uprawy krzewów herbacianych, a ze względu na rozproszenie miejsc uprawy (nawet w obrębie jednego kraju) trudno warunki te jednoznacznie porównać.

Bibliografia

- Almeida T.S., Araujo M.E.M., Rodriguez L., Julio A., Mendes B.G., Santos R.M.B., Simoes J.A.M., 2019, *Influence of preparation procedures on the phenolic content, antioxidant and antidiabetic activities of green and black teas*, Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences, 55, 17695.
- Arceusz A., Wesołowski M., 2015, *Essential metals and phenolic acids in commercial herbs and spices. Multivariate analysis of correlations among them*, Open Chemistry, 13, 1196–1208.
- Bienia B., Uram-Dudek A., Dykiel M., Krochmal-Marczak B., Sawicka B., 2019, *Właściwości przeciwutleniające wybranych herbat zielonych*, Herbalism, 1, 5, s. 32-40.
- Boccellino M., D'Angelo S., 2020, *Anti-obesity effects of polyphenol intake: current status and future possibilities*, International Journal of Molecular Sciences, 21(6), 5642.
- Brand-Williams W., Cuvelier M.E., Berset C., 1995, *Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity*, Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie, 28, s. 25-30.
- Brzezicha-Cirocka J., Grembecka M., Szefer P., 2016a, *Monitoring of essential and heavy metals in green tea from different geographical origins*, Environmental Monitoring and Assessment, 188, 183.
- Brzezicha-Cirocka J., Grembecka M., Szefer P., 2016b, *Oxalate, magnesium and calcium content in selected kinds of tea: Impact on human health*, European Food Research Technology, 242, s. 383–389.
- Choi S.H., Kim I.D., Kumar Dhungana S., Park K., 2019, *Effect of extraction temperature on physico-chemical constituents and antioxidant potentials of Pu-erh tea*. Korean Journal of Food Science and Technology, 51(6), s. 584-591.
- Chupeerach Ch., Aursalung A., Watcharachaisoponsiri T., Whanmek K., Thiyajai P., Yosphan K., Sritalahareuthai V., Sahasakul Y., Santivarangkna Ch., Suttisansanee U., 2021, *The effect of steaming and fermentation on nutritive values, antioxidant activities, and inhibitory properties of tea leaves*, Foods, 10, 117.
- Cleverdon R., Elhalaby Y., McAlpine M.D., Gittings W., Ward W.E., 2018, *Total polyphenol content and antioxidant capacity of tea bags: comparison of black, green, red rooibos, chamomile and peppermint over different steep times*, Beverages, 4, 15.
- Czernicka M., Zaguła G., Bajcar M., Saletnik B., Puchalski C., 2016, *Określenie wartości zdrowotnej suszu i naparów wysokogatunkowych herbat czarnych pochodzących z różnych rejonów upraw*, Bromatologia i Chemia Toksykologiczna, XLIX, 2, s. 183-193.
- Del Bo' C., Bernardi S., Marino M., Porrini M., Tucci M., Guglielmetti S., Cherubini A., Carrieri B., Kirkup B., Kroon P., Zamora-Ros R., Hidalgo Liberona N., Andres-Lacueva C., Riso P., 2019, *Systematic review on polyphenol intake and health outcomes: is there sufficient evidence to define a health-promoting polyphenol-rich dietary pattern?* Nutrients, 11, 1355.

- Diniz L.R.L., Souza M.T.S., Duarte A.B.S., Sousa D.P., 2020, *Mechanistic aspects and therapeutic potential of quercetin against COVID-19-associated acute kidney injury*, *Molecules*, 25, 5772.
- Dmowski P., Sięskowska S., 2015, *Konsumentcka ocena jakości sensorycznej herbaty czarnej dostępczej na trójmiejskim rynku*, *Handel Wewnętrzny*, 2(355), s. 101-114.
- Dobrinas S., Soceanu A., Popescu V., Popovici I.C., Jitariu D., 2021, *Relationship between total phenolic content, antioxidant capacity, Fe and Cu content from tea plant samples at different brewing times*, *Processes*, 9, 8, 1311.
- FAOSTAT. *FAO Statistical Databases. Tea production in 2010-2018*. Crops/ Regions/World list/Production Quantity (pick lists). 2020, Available online at <http://faostat.fao.org> (data dostępczej: 3 lutego 2021).
- Gaeini Z., Bahadoran Z., Mirmiran P., Azizi F., 2019, *Tea, coffee, caffeine intake and the risk of cardio-metabolic outcomes: findings from a population with low coffee and high tea consumption*, *Nutrition and Metabolism*, 16, 28.
- Gao M., Han Z., Liu Z., Li M., Xin J., Tao Z., Li J., Kang J.E., Huang K., Dong X., Zhuang B., Li S., Ge B., Wu Q., Cheng Y., Wang Y., Lee H.J., Kim C.H., Fu J.S., Wang T., Chin M., Woo, J.H., Zhang, Q., Wang, Z., Carmichael, G.R., 2018, *Air quality and climate change, Topic 3 of the Model Inter-Comparison Study for Asia Phase III (MICS-Asia III) – Part 1: Overview and model evaluation*, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 18, s. 4859–4884.
- Garbowska B., Wieczorek J.K., Polak-Śliwińska M., Wieczorek Z.J., 2017, *The content of minerals, bioactive compounds and anti-nutritional factors in tea infusions*. *Journal of Elementology*, 23(1), s. 369-380.
- Griffiths K., Aggarwal B.B., Singh R.B., Buttar H.S., Wilson D., De Meester F., 2016, *Food Antioxidants and Their Anti-Inflammatory Properties: A Potential Role in Cardiovascular Diseases and Cancer Prevention* [on-line], *Diseases*, 4, 28.
- Guo X.D., Ma Y.J., Parry J., Gao J.M., Yu L.L., Wang M., 2011, *Phenolics content and antioxidant activity of tartary buckwheat from different locations*, *Molecules*, 16, s. 9850-9867.
- Internet 1: <https://www.statista.com/statistics/264188/production-of-tea-by-main-producing-countries-since-2006/> (data dostępczej: 18.10.2022)
- Internet 2: <https://www.atlasbig.com/pl/kraje-wedlug-produkcji-herbaty> (data dostępczej: 18.10.2022)
- Jabeen S., Alam S., Saleem M., Ahmad W., Bibi R., Hamid F.S., Shah H.U., 2019, *Withering timings affect the total free amino acids and mineral contents of tea leaves during black tea manufacturing*, *Arabian Journal of Chemistry*, 12, s. 2411-2417.
- Jayasinghe S.L., Kumar L., 2020, *Climate change may imperil tea production in the four major tea producers according to climate prediction models*, *Agronomy*, 10, 1536.
- Kandyliari A., Elmaliklis I.N., Kontopoulou O., Tsafkopoulou M., Komminos G., Ntzatha C., Petsas A., Karantonis H.C., Koutelidakis A., 2021, *An epidemiological study report on the antioxidant and phenolic content of selected mediterranean functional foods, their consumption association with the Body Mass Index, and consumers purchasing behavior in a sample of healthy Greek adults*, *Applied Sciences*, 11, 7818.
- Karak T., Bhagat R.M., 2010, *Trace elements in tea leaves, made tea and tea infusion: A review*, *Food Research International*, 43(9), s. 2234-2252.
- Karak T., Kutu F.R., Nath J.R., Sonar I., Paul R.K., Boruah R.K., Sanyal S., Sabhapondit S., Dutta A.K., 2017, *Micronutrients (B, Co, Cu, Fe, Mn, Mo and Zn) content in made tea (Camellia sinensis L.) and tea infusion with health prospect: A critical review*, *Critical Review in Food Science and Nutrition*, 57, 14.

- Klepacka J., 2022, Tea infusions as a source of phenolic compounds in the human diet, *Applied Sciences*, 12, 9: 4227.
- Klepacka J., Tońska E., Rafałowski R., Czarnowska-Kujawska M., Opara B., 2021, *Tea as a source of biologically active compounds in the human diet*, *Molecules*, 26, 1487.
- Konieczynski P., Viapiana A., Wesolowski M., 2017, *Comparison of infusions from black and green teas (Camellia sinensis L. Kuntze) and Erva-mate (Ilex paraguariensis A. St.-Hil.) based on the content of essential elements, secondary metabolites, and antioxidant activity*. *Food Analytical Methods*, 10, s. 3063-3070.
- Li Q., Wiele T., 2021, *Gut microbiota as a driver of the interindividual variability of cardiometabolic effects from tea polyphenols*, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1965536.
- Liczbiński P., Bukowska B., 2022, *Tea and coffee polyphenols and their biological properties based on the latest in vitro investigations*, *Industrial Crops & Products*, 175, 114265.
- Lv H., Zhang Y., Lin Z., Liang Y., 2013, *Processing and chemical constituents of Pu-erh tea: A review*, *Food Research International*, 53, s. 608-618.
- Ma B., Wang J., Xu C., Wang Z., Yin D., Zhou B., Ma C., 2022, *Interrelation analysis between phenolic compounds and in vitro antioxidant activities in Pu-erh tea*, *LWT*, 158, 113117.
- Martins A.C., Morcillo P., Ijomone O.M., Venkataramani V., Harrison F.E., Lee E., Bowman A.B., Aschner M., 2019, *New insights on the role of manganese in Alzheimer's disease and Parkinson's disease*, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16, 3546.
- Nordin N.H., Molan A.L., Chua W.H., Kruger M.C., 2017, *Total phenolic contents and antioxidant activities of selenium-rich black tea versus regular black tea*, *American Journal of Life Sciences*, 5(2), s. 40-50.
- Paiva L., Lima E., Motta M., Marcone M., Baptista J., 2021, *Influence of seasonal and yearly variation on phenolic profiles, caffeine, and antioxidant activities of green tea (Camellia sinensis (L.) Kuntze) from Azores*, *Applied Sciences*, 11(16), 7439.
- Piela A., 2015, *Zwyczaj picia kawy i herbaty odzwierciedlony w polskim słownictwie i frazeologii*, *LingVaria*, 1, s. 141-152.
- Pinto G., Illiano A., Carpentieri A., Spinelli M., Melchiorre C., Fontanarosa C., di Serio M., Amoresano A., 2020, *Quantification of polyphenols and metals in Chinese tea infusions by mass spectrometry*, *Foods*, 9, 835.
- Podwika W., Kleszcz K., Krośniak M., Zagrodzki P., 2018, *Copper, manganese, zinc and cadmium in tea leaves of different types and origin*, *Biological Trace Element Research*, 183, s. 389-395.
- Pohl P., Welna M., Szymczycha-Madeja A., Cyganowski P., Jamroz P., Dżimitrowicz A., 2022, *Rapid and easy ICP OES determination of selected major, minor and trace elements in Pu-erh tea infusions using the response surface methodology along with the joint desirability function approach*, *Talanta*, 249, 123650.
- Prasanth M.I., Sivamaruthi B.S., Chaiyasut C., Tencomnao T., 2019, *A review of the role of green tea (Camellia sinensis) in anti-photoaging, stress resistance, neuroprotection, and autophagy*, *Nutrients* 11, 474.
- Qin P., Wu L., Yao Y., Ren G., 2013, *Changes in phytochemical compositions, antioxidant and α -glucosidase inhibitory activities during the processing of tartary buckwheat tea*, *Food Research International*, 50, s. 562-567.
- Qin F., Chen W., 2007, *Lead and copper levels in tea samples marketed in Beijing, China*, *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 79, s. 247-250.
- Ribereau-Gayon P., 1972, *Plant phenolics*; Hafner Publishing Company: New York.

- Samadi S., Fard F.R., 2020, *Phytochemical properties, antioxidant activity and mineral content (Fe, Zn and Cu) in Iranian produced black tea, green tea and roselle calyces*, *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 23, 101472.
- Shahidi F., Ambigaipalan P., 2015, *Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects - A review*, *Journal of Functional Foods*, 18, s. 820-897.
- Shen Q., Yu C., Guo Y., Bian Z., Zhu N., Yang L., Chen Y., Luo G., Li J., Qin Y., Chen J., Chen Z., Lv J., Li L., 2018, *Habitual tea consumption and risk of fracture in 0.5 million Chinese adults: a prospective cohort study*, *Nutrients*, 10, 1633.
- Stańczyk A., Rogala E., Wędzisz A., 2010, *Oznaczenie zawartości garbników oraz wybranych składników mineralnych w zielonych herbatach*, *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, XLIII, 4, s. 505-508.
- Szajdek A., Borowska J., 2004, *Antioxidant properties of plant-based food products*, *Żywność. Nauka. Technologia*. Jakość, 4(41), s. 5-28.
- Terekhina N.A., Goryacheva O.G., 2020, *The role of oxidative stress and antioxidants in occurrence of myocardial infarction and chronic heart failure*, *Medical University*, 3(4), s. 155-164.
- UNFAO. Provisional Agenda and Agenda Notes (23rd session, Rep. No. CCP:TE 18/CRS1). Hangzhou, the People's Republic of China: IGG Tea. 2018, Available online at <http://www.fao.org> (verified 3 February 2021).
- Unno K., Furushima D., Nomura Y., Yamada H., Iguchi K., Taguchi K., Suzuki T., Ozeki M., Nakamura Y., 2020, *Antidepressant effect of shaded white leaf tea containing high levels of caffeine and amino acids*, *Molecules*, 25, 3550.
- Wang S., Zeng T., Zhao S., Zhu Y., Feng C., Zhan J., Li S., Ho C.T., Gosslau A., 2022, *Multifunctional health-promoting effects of oolong tea and its products*, *Food Science and Human Wellness*, 11, s. 512-523.
- Whiteside P., Miner B., 1984, *Pye Unicam Absorption Data Book*, Pye Unicam LTD, Cambridge, England.
- Wołosiak R., Cieślakowska B., Drużyńska B., Derewiaka D., Kowalska J., Majewska E., Ciecierska M., 2017, *Zastosowanie ekstraktu herbaty do stabilizacji oksydatywnej emulsji tłuszczowej*, *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 89, s. 123-130.
- Yonekura Y., Terauchi M., Hirose A., Odai T., Kato K., Miyasaka N., 2020, *Daily coffee and green tea consumption is inversely associated with body mass index, body fat percentage, and cardio-ankle vascular index in middle-aged Japanese women: a cross-sectional study*, *Nutrients*, 12, 1370.
- Zhang J., Yang R., Chen R., Li Y.C., Peng Y., Liu C., 2018, *Multielemental analysis associated with chemometric techniques for geographical origin discrimination of tea leaves (Camelia sinensis) in Guizhou Province, SW China*, *Molecules*, 23, 3013.
- Zhang S., Ohland C., Jobin C., Sang S., 2022, *Degradation of black tea theaflavin through C-ring cleavage by gutmicrobiota*. *Food Science and Human Wellness*, 11, s. 598–605.
- Zhang L., Zhang J., Chen L., Liu T., Ma G., Liu X., 2018, *Influence of manufacturing process on the contents of iron, copper, chromium, nickel and manganese elements in Crush, Tear and Curl black tea, their transfer rates and health risk assessment*, *Food Control*, 89, s. 241-249.
- Zieliński H., Achremowicz B., Przygodzka M., 2012, *Przeciwutleniacze ziarniaków zbóż*, *Żywność Nauka Technologia Jakość*, 1, 80, s. 5-26.

NUTRITIONAL BEHAVIOUR OF POLISH RESPONDENTS TOWARD GAME MEAT

MESINGER DOMINIKA¹, OCIECZEK ANETA^{2*}

¹ *Department of Quality Management, Faculty of Management and Quality Science, Gdynia Maritime University*

e-mail: d.mesinger@sd.umg.edu.pl

² *Department of Quality Management, Faculty of Management and Quality Science, Gdynia Maritime University*

e-mail: a.ocieczek@wznj.umg.edu.pl

Abstract

The meat of wild animals is a nutritious product that is rarely consumed nowadays, especially by young people. According to the literature data, the consumption of game meat in Poland is around 0.08 kg/person/year. Nevertheless, there is a certain percentage of consumers who appreciate its value and include this traditional product in their diet.

Aim of the study: Initial characteristics of the respondents' behaviour towards game meat.

The study was conducted in 2021 on a group of 204 respondents consuming game meat. The CAWI method was used to conduct the study. The survey questionnaire consisted of questions about the frequency, circumstances and form in which game is consumed. In addition, the interpretation of the obtained results considered the socio-demographic features differentiating the respondents.

In the analyzed group of respondents, diversified eating behaviour related to game consumption was identified. A significant percentage of respondents indicated that they eat game meat rarely, by accident, at family celebrations or during holidays. Only a few people stated that they introduce game meat into their diet consciously and systematically. Most of the respondents eat game meat as a main course, a smaller percentage of them as an appetizer or addition to bread. The respondents most often eat game meat prepared by the family or in a restaurant; only a few people indicated that they cook it on their own. Game meat is most eagerly eaten by the respondents in a baked form but not very eagerly after frying or grilling.

The eating behaviour of the surveyed consumers towards game meat was varied and determined mainly by their age and gender. It should be emphasized that a vital determinant was also whether someone from the closest family or friends

is engaged in hunting. However, the consumers of game meat eat it in a very small amount. Therefore, it seems reasonable to undertake educational activities aimed at promoting the values of this valuable product.

Keywords: game meat, nutritional behaviour, determinants

Introduction

Rapid economic development in the countries of Western civilization, starting from the mid-twentieth century, significantly contributed to shaping the present high level of prosperity, especially in the developed countries of Western Europe and North America. For humankind, this undoubtedly means many benefits, but it has consequences related to overproduction and overconsumption of goods. This situation is associated with strong exploitation of the natural environment and, consequently, with its systematic destruction. The adverse effects of this situation include the constantly increasing level of agricultural production, both plant and animal. Intensive agricultural production causes a burden on the environment through the emission of methane and ammonia to the atmosphere, reduction of biodiversity of ecosystems, eutrophication of water reservoirs, reduction of freshwater resources, overfishing, soil depletion and broadly understood climate change. In the literature, the problem of overproduction was noticed already in the 20th century. It was found that intensive food production and the accompanying increasing food waste lead to soil impoverishment. This, in turn, may have negative consequences for the life and functioning of future generations. That is why the concept of sustainable development was created [Żmija 2014].

Based on the general assumptions of the concept of sustainable development, concerning virtually all aspects of human life, the concept of sustainable consumption has been specified. The formulation of such a concept resulted from the growing consumerism, i.e. excessive consumption of various goods, which is not conditioned by real human needs, and does not take into account ecological, individual and social costs. The current level of consumption exceeds the real needs of people, which is translated in the literature as a result of the prevailing belief that a high level of

consumption determines a high standard of human life. Consumerism is, in a way, a tool used to gain prestige, high social standing, and even to express oneself. On the other hand, a consumer living following the concept of sustainable consumption is called a conscious consumer, showing responsibility not only to his own generation but also to future generations. Therefore, sustainable consumption can be defined as a conscious, deliberate limitation of consumption of goods resulting from reflecting and rebuilding one's system of values. Implementing the concept of sustainable consumption in the everyday functioning of consumers will not be easy. It will require an incentive effect on consumers by educating them and using the existing trends to change their behaviour. Consequently, such changes will also be associated with changes in the food market. Therefore, it can be assumed that the transition from consumerism to the idea of sustainable consumption is an expression of evolution in consumer behaviour [Tarapata 2015].

The methods and conditions of making purchasing decisions by consumers, and therefore consumer behaviour, have been the object of interest of researchers for a long time. About 300 years ago, the first economists, such as N. Bernoulli, J. von Neumann and O. Morgenstern, began researching the foundations of consumer decision-making [Richarme 2007]. These works made it possible to analyze the issue from an economic perspective, but it should be noted that they focused only on the act of purchase [Loudon & Della Bitta 1993]. Analyzing the problem of making decisions in economic terms, it may seem that the most rational application would be the "Theory of utility". This theory assumes that consumers make purchasing decisions, that is, exhibit certain behaviours solely based on the results they expect to obtain. According to the theory of utility, consumers should be seen as rational decision-makers who only consider their own satisfaction [Schiffman & Lazar-Kanuk 2007; Zinkhan 1992].

However, the results of more recent studies indicate that the consumer is not a rational decision-maker but is driven by the need to possess in his actions. Contemporary consumer behaviour research considers a vast range of factors influencing the consumer and includes a wide range of activities that go beyond the act of purchase itself. It is now assumed that consumer behaviour includes;

recognizing a need, searching for information about a specific good, evaluating available alternatives, generating an intention to buy, the act of purchasing, the act of consumption, and disposal. Such an approach is undoubtedly a more comprehensive picture of consumer behaviour, which is the result of the evolution of science over the last century, the development of new research methods and updating the adopted assumptions [Bray 2008].

In contemporary definitions of consumer behaviour, a more holistic approach and a much wider range of activities that influence consumer decisions can be noticed. Examples of such definitions are:

- “consumer behaviour [...] is the study of the processes involved when individuals or groups select, purchase, use or dispose of products, services, ideas or experiences to satisfy needs and desires.” [Solomon et al. 2006, s. 6].
- “the behavior that consumers display in searching for, purchasing, using, evaluating, and disposing of products and services that they expect will satisfy their needs” [Schiffman & Lazar-Kanuk 2007, s. 3].

The aim of this study is to identify the respondents’ behaviours towards game meat. This problem is essential because, in Poland, there is currently an overproduction of livestock meat, while meat as valuable as game is exported to Western markets.

Unfortunately, currently, exports of this valuable meat from Poland are at the level of 40-50 thousand tons, depending on the year. Detailed statistical data are presented in Figure 1. It should be noted, however, that Poland is also a relatively large importer of game meat. The exception was 2019, when, probably due to the SARS-CoV-2 pandemic, game imports dropped significantly. Nevertheless, it was a unique situation. In other cases, it can be seen that both the export and import of wild animal meat in Poland take place on a significant scale. In 2020, Poland imported game meat in the amount of almost half of the mass exported. Therefore, the question arises whether the export of this meat in such a large quantity is necessary? Isn’t it better to use this meat in the country of its harvest?

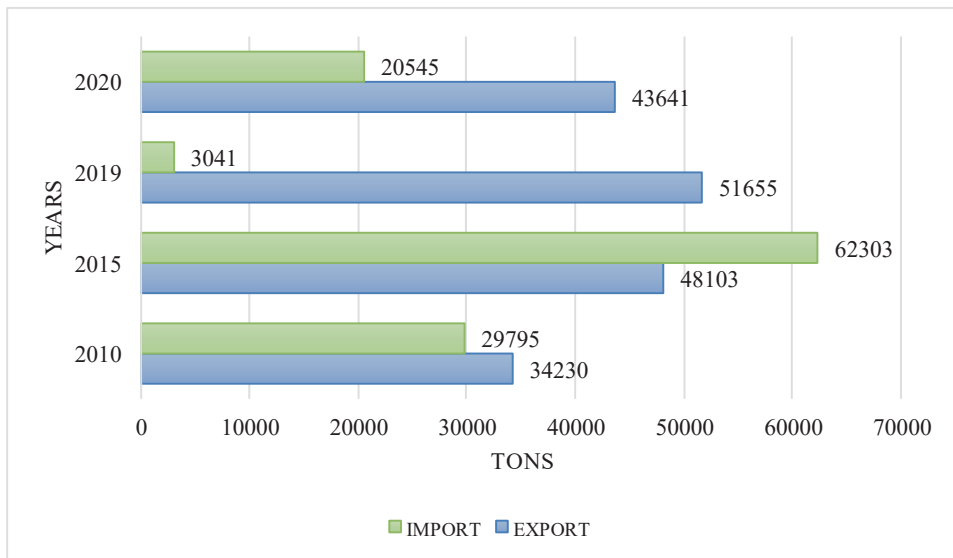


Fig. 1. Game meat export and import in Poland in 2010-2020 in tonnes

Source: [Statistical Yearbook of Forestry 2021].

It should be emphasized that exports generate not only economic costs but also environmental burdens. The turnover of unprocessed meat always requires a sufficiently low temperature during long-term freezing as well as during storage and transport. Naturally, then, greenhouse gases and pollutants are generated, which seems highly irrational, especially in the case of such naturally ecological product as game meat.

That is why it was decided to conduct research on the behaviour of respondents in the context of eating game meat.

1. Methods

The survey was conducted in 2021 on a group of 204 respondents consuming game meat. The CAWI (computer-assisted web interview) method was used to conduct the study. The survey questionnaire consisted of questions about the

frequency, circumstances and form in which game meat is eaten, as well as questions about selected sociodemographic features.

In the questionnaire, the respondents were asked whether they had ever eaten game meat, which allowed for selecting respondents who had dealt with this product. Subsequently, selected respondents were asked the following questions:

- Where do you eat game most often?
- How often do you eat the meat of wild animals?
- How do you usually eat prepared game dishes?
- What meal do you eat most often from wild animals?
- In your menu, game meat is in the form of:

The questions were single-choice questions with the option of selecting the answer “other, please specify”. However, none of the respondents used this choice when answering any questions. The interpretation of the obtained results considered the sociodemographic features differentiating the respondents, such as age and gender.

The χ^2 test and the Excel 2019 spreadsheet were used to assess the significance of differentiation of the distribution of answers related to the gender and age of the respondents.

Among 204 respondents, 162 women (79.4% of respondents) and 42 men (20.6% of respondents) participated in the study. People of different ages participated in the study. Namely, 44 people under 30 (21.6% of respondents), 97 people aged 31-40 (47.5% of respondents) and 63 people from 41 years of age (30.9% of respondents) participated in the study. Table 1 presents a detailed breakdown of respondents according to sociodemographic features. Women aged 31-40 dominated among the respondents.

Table 1. Division of respondents by age and gender

Gender	Age [years]		
	<30	31-40	41+
Women	38	72	52
Men	6	27	9

Source: own study.

The selection of the respondents should be described as random. It consisted in sharing a public link on Facebook. Of the questionnaires collected, only those from the respondents consuming game were selected.

2. Results and discussion

The starting point for the analysis of the results, discussion, and interpretation must be the definition of basic concepts. The concept of game meat, fundamental to these considerations, is relatively conventional. However, it should be noted that the law in force in Poland does not define the concept of game meat itself but refers only to the classification of wild animals by specifying their specific species. In addition, the legislator indicates the species of animals that can be obtained in order to conduct rational hunting management and the permitted dates of hunting. However, it is nowhere specified which species of animals can be eaten, which carcasses are included in game, and meat from which animals should not be consumed [Regulation of the Minister of the Environment on establishing the list of game species, Hunting Law Act]. Therefore, for the purposes of this study, the following definition of game meat will be adopted: meat obtained as a result of hunting, derived from wild game animals, admitted to trading by veterinary supervision. Furthermore, by the term game, the Authors understand all species of wild birds and mammals that live in the natural environment and are subject to hunting.

Therefore, considering the extensive range of species and the climatic and plant differences specific to different areas, it should be remembered that game meat cannot be clearly described. Depending on the aforementioned factors, game meat shows heterogeneous features and chemical composition. In addition to the animal species and its place of existence, the value of meat is also influenced by sex, age, body condition, physiological and sexual condition of the animal, and the hunting period. It should be remembered that the very moment of obtaining the carcass may determine its better or worse sensory and nutritional characteristics [Mesinger & Ociecek 2021].

The first question asked to the respondents concerned the most common place where game meat was eaten. The respondents had four answers to choose from, namely: at ceremonies (e.g. wedding, birthday); at home (e.g. during holidays); when going out to a restaurant; other (please specify). None of the respondents indicated a different circumstance of game consumption. More than half of the respondents declared that they eat wild animal meat most often at ceremonies, and slightly over 30% of respondents most often eat this type of meat at home. On the other hand, only 15.7% of respondents indicated that game meat appears on their plates most often at the restaurant. The distribution of results varied by gender. Most women indicated that they eat game most often at various ceremonies, while in the case of men, there was no clear trend in one dominant consumption situation. Based on the χ^2 test result, it was found that gender significantly differentiated the subjects in terms of where the game was eaten ($\chi^2_{\text{critical}} = 9.48$, $\chi^2 = 19.11$, $p = 0.00074$). The result of the χ^2 test in terms of differentiation of responses conditioned by the age of the respondents also allowed to find statistically significant differences between the groups ($\chi^2_{\text{critical}} = 9.48$, $\chi^2 = 10.85$, $p = 0.028$). A detailed summary of the obtained results is shown in Figure 2.

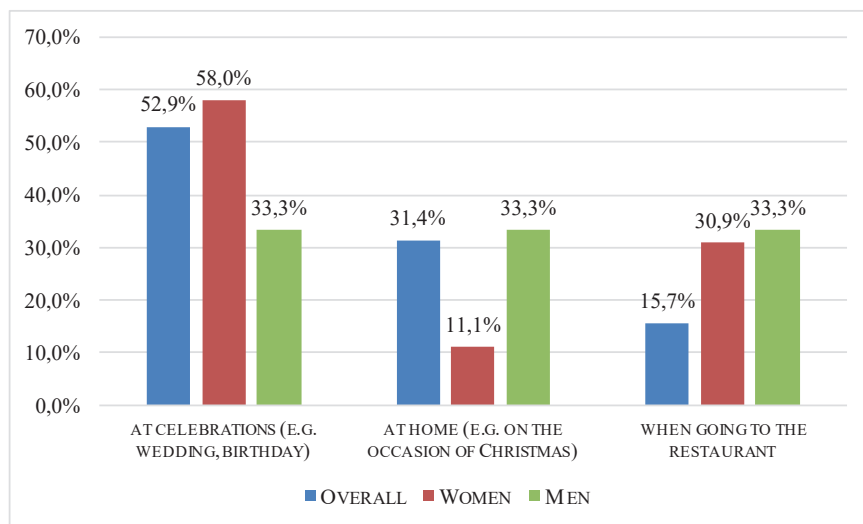


Fig. 2. Places where respondents most often eat game meat

Source: own study.

Game is wholesome meat, and its production does not burden the environment because wild animals function in nature independently of humans. In addition, looking through the prism of sustainable development, the game acquisition is carried out in accordance with the principles of rational hunting management, which allows the population to be kept in the best possible condition. The obtained meat can therefore be regarded as a wholesome, albeit by-product of hunting, not its purpose. Therefore, using game meat in the best possible way for nutritional purposes fits perfectly into the concept of sustainable consumption. Considering that such a product with high nutritional potential is obtained without harming the environment, it is enough to ensure that its further use also takes place in accordance with the concept of sustainable development. Moreover, such action is beneficial not only from a nutritional point of view, as a diet diversification, but also from an environmental point of view. Using game meat obtained in Poland for its consumption in our country would reduce the industrial breeding of animals.

Figure 3 shows the distribution of respondents' answers to the question about the frequency of game consumption. The obtained results showed that, unfortunately, the most significant proportion of respondents declared that they eat game meat "accidentally" (25%) or "rarely" (42.6%). Almost a quarter of the respondents eat game several times a year, i.e. on special occasions or holidays. However, only 8.3% of respondents eat this meat once a month or more. It is worth noting that based on the data obtained from the respondents participating in this study, it can be stated that gender was not a factor significantly differentiating the frequency of game consumption, which was determined based on the results of the χ^2 test ($\chi^2_{\text{critical}} = 9.48$, $\chi^2 = 0.20$, $p = 0.995$). Similarly, age was not a factor that differentiated the frequency of game consumption by the respondents in a statistically significant manner ($\chi^2_{\text{critical}} = 9.48$, $\chi^2 = 6.19$, $p = 0.185$).

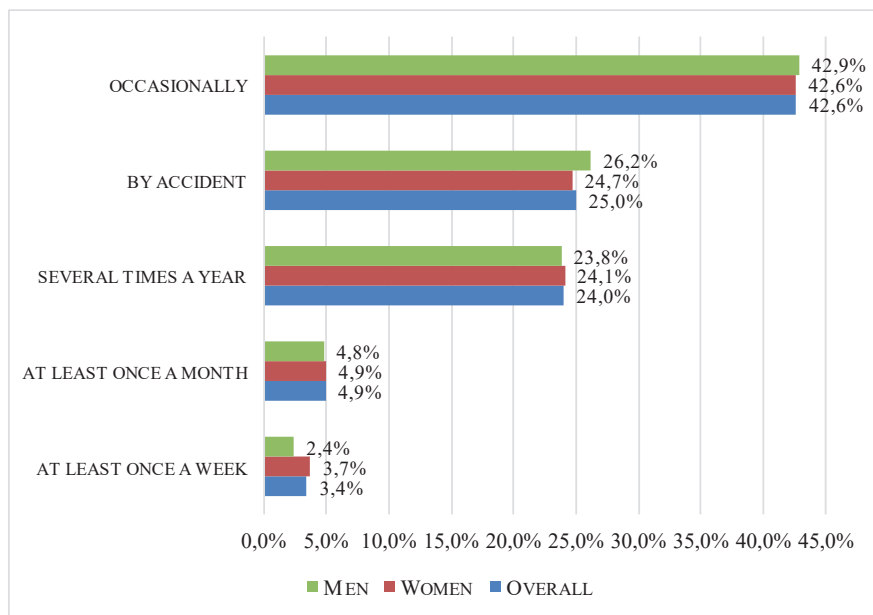


Fig. 3. The frequency with which respondents consume game

Source: own study.

Nevertheless, the data presented in Figure 3 are not optimistic. Only the questionnaires of those respondents who ever consumed game meat were used for the calculations, and these were few of the total number of people who were asked to participate in the study. Hence the simple conclusion is that the frequency of game meat consumption in Poland is shallow. That is why it is crucial to undertake activities aimed at disseminating knowledge about the qualities of game, which may increase the percentage of people consuming this type of meat.

In the article prepared by Kosicka-Gębska and Gębski [2014], a study of the frequency of meat and fish consumption was carried out on a group of 1,500 Polish respondents. It was found that none of the respondents eat game every day or several times a week. 4.8% of respondents indicated that they usually eat game once a week, 15.8% said that once a month, 37.1% indicated several times a year. It is disappointing that as many as 42.3% of respondents indicated that they never eat game.

Thus, it can be concluded that the tendencies of the respondents in the Authors' study and in the cited study are similar. However, some general characteristics, similar to all types of game, may be the basis for differentiating it from livestock meat. First, the most consumed types of wild animal meat, derived from red deer, roe deer, fallow deer, wild boar, hare and wild rabbits, are characterized by a low content of mainly perimuscular fat but also intramuscular fat. The intramuscular fat found in game is characterized by the desired profile of omega-6/omega-3 fatty acids and a low level of saturated fatty acids [Daszkiewicz & Mesinger 2018].

Game meat is also a source of large amounts of wholesome protein in the amount of up to 20–26 g/100 g, and at the same time, has a low energy value (in the range of 90–113 kcal/100 g). Wild animal meat also contains many minerals, i.e. calcium, magnesium, potassium, phosphorus, sodium, copper, zinc, manganese and selenium. Importantly, some minerals are found in game in more significant amounts than in beef. In addition, game meat contains less sodium and potassium, of which many people have a problem with excessive dietary intake. Therefore, vitamins are another essential element that determines the nutritional value of game. It contains significant amounts of B vitamins (B1, B2, B3, B6, B9, B12) and vitamins A and E [Soriano & Sánchez-García 2021].

The literature also emphasizes that game meat has a large amount of biologically active compounds, i.e. ingredients with a documented beneficial effect on human health and/or well-being, which exceed the usual nutritional effects. The compounds with such properties found in game meat include, among others: taurine, carnosine, anserine, coenzyme Q10, creatinine and heme iron. Unfortunately, these compounds, present naturally in the meat of wild animals, are very often obtained by consumers from synthetic dietary supplements of questionable digestibility and sometimes also safety [Florek & Drozd 2013].

Figure 4 shows the respondents' answers to the question of who most often prepares the dishes with wild animal meat that the respondents eat. The vast majority of respondents rely on someone in this regard. Only a few people prepare it on their own. This is probably due to the fact that there is now a firmly held belief that game meat is difficult to prepare. It should be noted that regardless of gender, a similar

tendency prevails: meals with game meat are most often prepared by the family or household members, slightly less often in a restaurant, and least often by the respondents independently. Based on the analysis of the obtained results using the χ^2 test, no statistically significant differences were found in the person who prepares game meat determined by the gender of the respondents ($\chi^2_{\text{critical}} = 9.48$, $\chi^2 = 6.59$, $p = 0.159$). There were also no statistically significant differences related to the age of the respondents ($\chi^2_{\text{critical}} = 9.48$, $\chi^2 = 5.62$, $p = 0.228$).

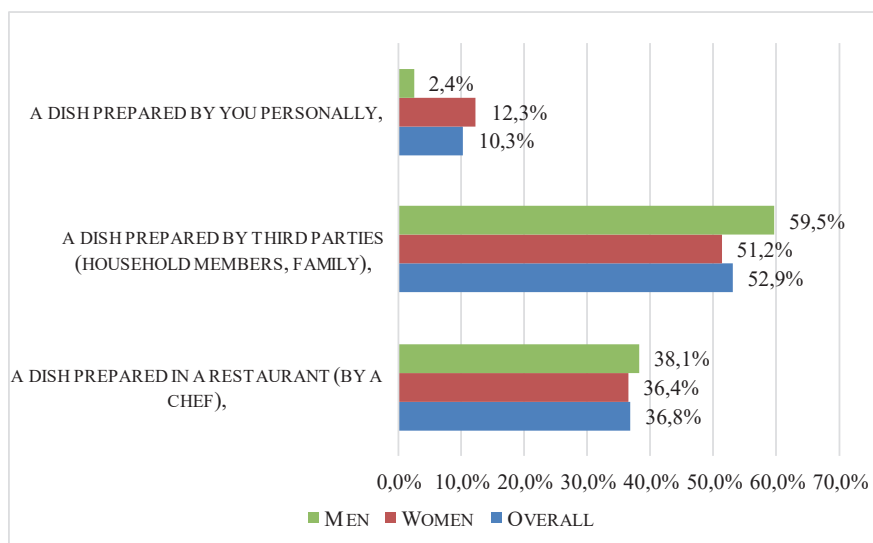


Fig. 4. The person who most often prepares game meat for respondents

Source: own study.

Figure 5 shows the respondents' answers indicating the meal during which they most often eat game. Wild animal meat in the diets of respondents is most often part of the main course, much less often a snack, and the least often an addition to bread. The analysis of the obtained results using the χ^2 test allowed the Authors to find statistically significant differences in the type of meal during which game is eaten ($\chi^2_{\text{critical}} = 9.48$, $\chi^2 = 15.59$, $p = 0.0036$) determined by the gender of the respondents.

At the same time, it was found that age was not a factor differentiating the respondents in this matter ($\chi^2_{\text{critical}} = 9.48$, $\chi^2 = 4.03$, $p = 0.401$).

Niewiadomska et al. [2020] conducted a study on the characteristics influencing consumer behavior towards game. They found that an attribute, according to consumers, related to the quality of meat, indicated as an important factor determining the motives for consuming game meat, is the ease of preparation for consumption. It was found that Polish consumers, who pay more attention to the ease of preparation of the product as a quality attribute, eat game less often. Currently, there is a belief that it is difficult to prepare game, which in the authors' research was confirmed by the rarity of preparing game by the respondent, and most often by third parties. Currently, consumers can buy additives to bread that contain game meat in stores. However, most respondents only see the picture of the animal drawn on the label or the word game. Few, however, pay attention to the details, that is, the name of the product like "with game meat", "with wild boar", "with deer". This entry clearly indicates that this meat is only an addition. After looking at the label, it can be found that in these pates, the basis is mostly offal and pork, and game meat is only an addition of 5-10%. Such an action can be assessed as positive and negative at the same time. Positive, because consumers are gradually getting used to the specific, sour, grassy taste of game meat, thanks to its small addition to the products. However, there may be a risk that producers will not seek to increase the proportion of game in the product if a product with low content will sell well. Therefore, a rational approach related to the gradual increase in the content of game meat in cold cuts and sausage products, which would allow for rational management of wild animal meat available in Poland, may be challenging to achieve, although it would certainly be justified.

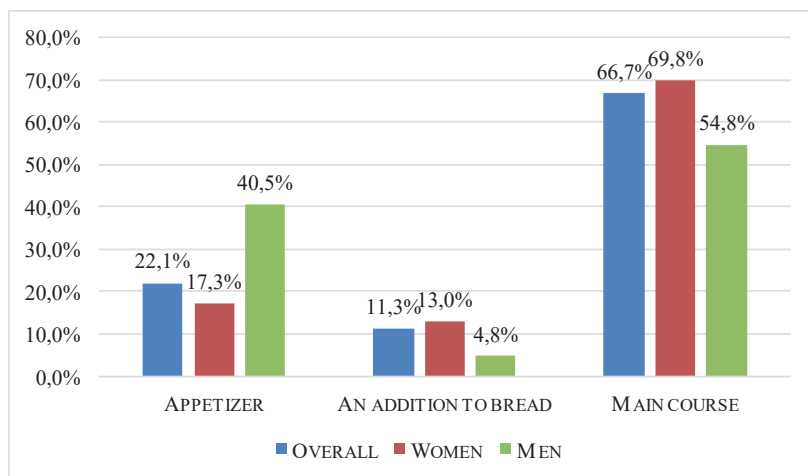


Fig. 5. A meal in which respondents most often consume game

Source: own study.

Figure 6 shows the distribution of respondents' answers to the question of what form they most often eat game. The vast majority eat this meat in a roast form, which may affect its perception as dry and unpalatable meat. Game is lean meat, therefore, baking it at high temperature using dry air is not the most advantageous form of its processing. A significant number of respondents indicated that they consume game most often in a stewed form, which is undoubtedly the most advantageous way to prepare this type of meat. Stewing allows the meat to remain juicy and, simultaneously, due to the long processing time, has a positive effect on obtaining a crispy structure of the meat. Slightly fewer respondents indicated that game is only an addition to their dishes. Typically, game is eaten as cold cuts on bread or as an addition to minced meat for burgers. The respondents also eat game in the form of pate, but for a few people, it is their most common form of consumption of this meat. Finally, a small percentage of respondents indicated that they most often eat game in boiled, grilled or fried form. This is probably due to the fact that these are not the most advantageous methods of game processing, allowing for obtaining the desired sensory characteristics of this meat. It should be noted, however, that the

respondents' answers to this question concerned the most common way of preparing this meat. Therefore, it is likely that respondents who prefer to eat baked goods also eat less game in the form of stewed or fried. Based on the analysis of the results using the χ^2 test, no statistically significant differences were found in the differentiation of the most common method of game preparation depending on the gender of the respondents ($\chi^2_{\text{critical}} = 9.48, \chi^2 = 4.80, p = 0.308$). Moreover, no statistically significant differences related to the preferred method of game processing, determined by the respondents' age, were found ($\chi^2_{\text{critical}} = 9.48, \chi^2 = 8.03, p = 0.090$).

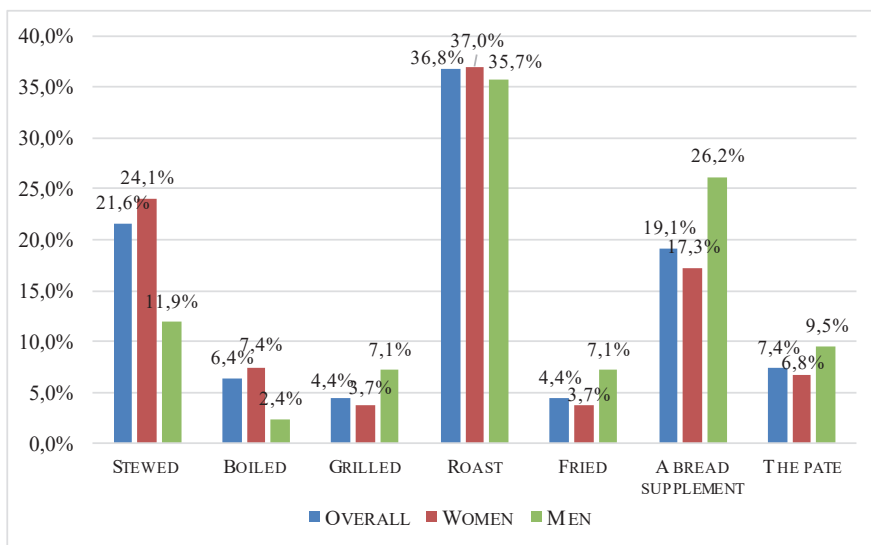


Fig. 6. Form in which respondents most often consume game

Source: own study.

Florek et al. [2017], on the basis of the conducted research, found that red deer meat and wild boar meat showed the desired tenderness after being prepared using the sous-vide method. It is therefore a suggestion that it is necessary to make consumers aware that not baking, but rather stewing, or the use of sous-vide is the most appropriate due to the specific characteristics of game meat.

3. Conclusions

To sum up the analysis of the obtained results concerning the behaviour of a selected group of respondents towards game meat, several significant conclusions can be drawn:

- Respondents eat game meat mostly occasionally, at ceremonies or by accident. It is not a permanent part of their diet, and they usually do not prepare it themselves.
- The respondents most often eat game as the main course, usually prepared by roasting or stewing.
- The place where the respondents most often eat game meat is statistically significantly associated with both the age and gender of the respondents.
- Gender and age of respondents do not differentiate the frequency of game consumption, the person who most frequently prepares game dishes or the preferred type of meat processing.
- Gender significantly differentiates the respondents in terms of the meal during which they eat game, while age is not a differentiating factor.
- It is necessary to promote game meat as an element of the Polish tradition, as well as diversify the diet and care for the sustainable development of the country.

References

- Bray, J., 2008, *Consumer Behaviour Theory: Approaches and Models*, available online (15.06.2022): http://eprints.bournemouth.ac.uk/10107/1/Consumer_Behaviour_Theory_-_Approaches_&_Models.pdf.
- Daszkiewicz, T., Mesinger, D., 2018, *Fatty acid profile of meat (Longissimus lumbrorum) from female roe deer (Capreolus capreolus L.) and red deer (Cervus elaphus L.)*, International journal of food properties, vol. 21, no. 1, pp. 2276-2282.
- Florek, M., Drozd, L., 2013, *Związki bioaktywne w mięsie jeleniowatych*, Medycyna Weterynaryjna, vol. 69, no. 9, pp. 535-539.
- Florek, M., Skąlecki, P., Domaradzki, P., Wolan, Ł., Ryszkowska-Siwko, M., 2017, *Nutritional value and physicochemical properties of red deer and wild boar meat after frozen storage under vacuum*, Journal of Central European Agriculture, 18 (1), pp. 278-290.
- Kosicka-Gębska, M., Gębski, J., 2014, *Wpływ wyróżników jakości na zachowania konsumentów mięsa*, Roczniki Naukowe Stowarzyszenia Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu, 16(1), pp. 98-104.

- Loudon, D. L., Della Bitta, A.J., 1993. *Consumer Behaviour Concepts and Applications*, 4th ed., McGraw-Hill, New York.
- Mesinger, D., Ocieczek, A., 2021, *Identification of Differences in Hunting Management in Poland and Selected European Countries in the Context of Sustainable Development*, Sustainability, vol. 13(19), article no. 11048, pp. 1-27.
- Niewiadomska, K., Kosicka-Gębska, M., Gębski, J., Gutkowska, K., Jeżewska-Zychowicz, M., & Sułek, M., 2020, *Game meat consumption—conscious choice or just a game?*, Foods, 9(10), 1357.
- Richarme M., *Consumer Decision-Making Models, Strategies, and Theories, Oh My!*, Available online (15.06.2022): <https://www.decisionanalyst.com/whitepapers/decisionmaking/>
- Rocznik Statystyczny Leśnictwa 2021, Warszawa GUS (Central Statistical Office).
- Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie ustalenia listy gatunków zwierząt łownych,
- Schiffman, L.G., Lazar-Kanuk, L., 2007, *Consumer Behavior*, 9th ed. New Jersey: Prentice Hall.
- Solomon, M., Bamossy, G., Askegaard, S., Hogg, M.K., 2006, *Consumer Behaviour: A European Perspective*, 3rd ed., Harlow: Prentice Hall.
- Soriano, A., Sánchez-García, C., 2021, *Nutritional composition of game meat from wild species harvested in Europe*, Meat and Nutrition. Intech Open, <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.97763>.
- Tarapata, J., 2015, *Konsumpcja zrównoważona a proekologiczne zachowania konsumentów*, Nowoczesne Systemy Zarządzania. Modern Management Systems, vol. 10, no. 1, pp. 51-59. <https://doi.org/10.37055/nsz/129351>
- Ustawa z dnia 13 października 1995 r. Prawo łowieckie (Dz. U. 1995 Nr 147 poz. 713 z późn. zm.).
- Zinkhan, G.M., 1992. Human Nature and Models of Consumer Decision Making. Journal of Advertising, vol. 21, no. 4, II-III.
- Żmija, D., 2014, *Zrównoważony rozwój rolnictwa i obszarów wiejskich w Polsce*, Studia Ekonomiczne, vol. 166, pp. 149-158.

ZASTOSOWANIE OLEJKÓW ETERYCZNYCH Z TYMIANKU I ROZMARYNU JAKO SUBSTANCJI OGRANICZAJĄCYCH UTLENIANIE TŁUSZCZÓW W CHŁODNICZO PRZECHOWYWANYM MIĘSIE RYB

MAGDALENA MICHALCZYK¹, JOANNA BANAS^{1*}

¹ *Katedra Biotechnologii i Ogólnej Technologii Żywności, Wydział Technologii Żywności,
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kollątaja w Krakowie*
e-mail: joanna.banas@urk.edu.pl

Streszczenie

Celem pracy była ocena możliwości wykorzystania olejków eterycznych tymianku i rozmarynu jako substancji zapobiegających jęlczeniu tłuszczu rybiego. Olejki eteryczne w stężeniu 0,02% v/w dodano do mielonego mięsa łososia i pstrąga tęczowego, a próby po zapakowaniu próżniowym przechowywano w temperaturze $2\pm 1^{\circ}\text{C}$ przez 14 dni. Podczas przechowywania w mięsie oznaczano liczbę kwasową, nadtlennkową i anizydynową oraz przeprowadzano test TBARS. Wpływ obu olejków eterycznych na przemiany hydrolityczne tłuszczu nie był znaczący. Uzyskane wyniki wskazują natomiast na możliwość ograniczenia zmian oksydacyjnych w tłuszczu obu gatunków ryb poprzez dodatek obu olejków eterycznych, zarówno z tymianku jak i rozmarynu.

Słowa kluczowe: olejki eteryczne, jęlczenie, tłuszcz rybi, przechowywanie

Wstęp

Ryby i ich przetwory są składnikiem diety, którego właściwości prozdrowotne są od wielu lat intensywnie oceniane. Produkty te wzbudzają zainteresowanie przede wszystkim jako źródło kwasów omega-3, chociaż są też źródłem białka, składników mineralnych i witamin a także mogą zawierać inne związki jak np. karotenoidy. Produkty pochodzenia morskiego zawierają m.in. jod i selen [Gil & Gil, 2015]. Przypisywane tłuszczom rybim zalety spowodowały pojawienie się na rynku olejów

rybnych, ale też oleju z kryła w formie suplementów diety. Albert i inni [2016] podają, że wyroby te są jednym z najpopularniejszych suplementów diety stosowanych na świecie, a wartość ich rynku wynosi miliardy dolarów. Takie suplementy mogą być interesującym produktem dla osób niejadających ryb lub spożywających ich bardzo mało [Ackman 1990].

Na ilość i skład tłuszczu w rybach wpływają m.in. gatunek, wiek, płeć, pora roku, faza cyklu rozrodczego, temperatura wody, jej zasolenie a także rodzaj pobieranego przez ryby pokarmu [Kiesslin i in. 2001; Satué & López 1996; Satué i in. 1994; Henderson & Tocher 1987]. Zawartość tłuszczu w jadalnych częściach zwierząt morskich mieści się, w przybliżeniu, w granicach od 0,5 do 25% [Ackman 1990]. W skład lipidów rybich oprócz triacylogliceroli i fosfolipidów wchodzi również sterole, głównie cholesterol, witaminy A, D, E, karotenoidy i woski [Sikorski 1990]. Kwasy tłuszczowe występujące w tłuszczu rybim mają od 12 do 26 atomów węgla i zawierają od 0 do 6 wiązań podwójnych [Gawęcki 1996].

Najwięcej uwagi poświęca się należącym do omega-3 kwasom eikozapentaenowemu i dokozaheksaenowemu, jednak Ackman [1990] zwraca uwagę, że w przypadku ryb z rejonów tropikalnych może w ich tłuszczu znaleźć się też istotny udział kwasu arachidonowego należącego do kwasów omega-6. Henderson i Tocher [1987] podają, że w przypadku słodkowodnych ryb tropikalnych zawartość kwasów tłuszczowych nasyconych może osiągać udział wynoszący nawet do 45%, przy czym największe stężenie osiąga kwas palmitynowy (C16). W przypadku ryb słodkowodnych z wód o niższych temperaturach podawany przez autorów zakres wynosi od 9 do 36% kwasów nasyconych. Wśród kwasów polienowych występują w rybach zarówno te należące do omega-3 jak i omega-6. Proporcja pomiędzy wielonienasyconymi kwasami omega-3 i omega-6 w przypadku ryb morskich kształtuje się w zakresie od 4,7 do 14,4 natomiast w przypadku ryb słodkowodnych od 0,5 do 3,8 [Henderson i Tocher 1987]. Szacuje się, że rozwój cywilizacji i związany z nim postęp technologiczny przyczynił się do istotnych zmian w podaży ważnych dla zdrowia człowieka substancji, wśród których wymienić należy kwasy wielonienasycone. Początkowo proporcja pomiędzy dostarczonymi w diecie kwasami omega-3

i omega-6 wynosiła 1:1, natomiast obecnie w diecie typu zachodniego wynosi ona od 1:15 do 1:20 [Lordan i in. 2020; Simopoulos 2006].

Pomimo, że prozdrowotna rola wielonienasyconych kwasów tłuszczowych zawartych w triacyloglicerolach jest ciągle obiektem badań, to generalnie spożycie ryb i produktów pochodzenia morskiego, zgodnie z wynikami wielu analiz, wiązane jest z korzyściami zdrowotnymi [Gil & Gil 2015]. Przypisuje się to zarówno składnikom tłuszczowym zawierającym kwasy tłuszczowe omega-3 jak i składnikom mineralnym, niebiałkowym związkom azotowym takim jak tauryna i cholina oraz witaminom [Gil & Gil 2015]. Obecnie w niektórych pracach zwraca się uwagę, że być może kwasy omega-3 zawarte w polarnych lipidach takich jak fosfolipidy cechują się większą biodostępnością niż te zawarte w triacyloglicerydach. Rozważana jest też rola innych typów kwasów tłuszczowych niż eikozapentaenowy i dokozaheksaenowy w prozdrowotnym działaniu tłuszczu zwierząt morskich, takich jak np. jednonienasycone izomery długołańcuchowe [Lordan i in., 2020]. Pomimo tych kontrowersji odpowiednio wysokie spożycie produktów pochodzenia morskiego łączy się z takimi korzyściami dla zdrowia jak zmniejszenie zagrożenia chorobami sercowo-naczyniowymi czy rozwojem stanów zapalnych [Lordan i in. 2020; Gil & Gil 2015; Simopoulos 2006].

Utlenianie lipidów prowadzi do zmian sensorycznych oraz wpływa na wartość odżywczą i doprowadza do powstawania produktów szkodliwych dla zdrowia. Proces ten ograniczając trwałość produktów rybnych może przyczyniać się także do ich marnowania, powodując m.in. straty ekonomiczne. Zwiększenie trwałości wyrobów pozwala na ograniczanie strat zarówno w trakcie dystrybucji jak i u konsumenta. W mięsie zmiany oksydacyjne zaczynają się prawdopodobnie już za życia zwierzęcia. Na dalszych etapach pozyskiwania i przechowywania następuje kontynuacja tych procesów, mających często charakter autooksydacyjnych reakcji łańcuchowych z udziałem wolnych rodników [Amaral i in. 2018]. Pierwotnymi produktami autooksydacji są wodoronadtlenki, natomiast produktami wtórnymi aldehydy, ketony, węglowodory, alkohole, lotne kwasy organiczne i inne [Hassoun & Çoban 2017]. W trakcie przechowywania surowego mięsa rybiego na zachodzące w nim zmiany oksydacyjne wpływ mają zarówno enzymy, obecność tlenu oraz dostęp światła, głównie w zakresie

ultrafioletowym. Wysoka zawartość wielonienasyconych kwasów tłuszczowych we frakcji lipidów rybich powoduje ich dużą podatność na utlenianie. Prowadzone są badania służące ocenie różnych technik i modyfikacji zarówno w zakresie przetwarzania jak i pakowania surowców rybnych w celu zapewnienia ich większej trwałości. Pojemowane działania zmierzają zarówno do ograniczenia zmian mikrobiologicznych jak i we frakcjach tłuszczowych. Jednym z możliwych sposobów zwiększenia trwałości łatwo psujących się surowców rybnych jest zastosowanie olejków eterycznych [Hao i in. 2021]. Substancje te oprócz właściwości przeciwdrobnoustrojowych cechują się też często właściwościami antyoksydacyjnymi.

Celem pracy była ocena możliwości zastosowania olejku eterycznego z tymianku i rozmarynu w akceptowalnych sensorycznie dawkach jako substancji zapobiegających utlenianiu tłuszczu rybiego w czasie jego chłodniczego przechowywania.

1. Materiał i metody

Próby przygotowywano mieląc w maszynie do mięsa (\varnothing 3 mm) pozbawione skóry filety z pstrąga i łososia. Zmielone mięso każdego z badanych gatunków ryb ujednolicano, a następnie dzielono na trzy części. Próba kontrolna nie zawierała dodatków, natomiast do pozostałych dwóch dodawano 0,02% v/w 100% naturalnego olejku eterycznego z tymianku lub z rozmarynu. Stężenia olejków wybrano na podstawie wcześniejszych doświadczeń jako maksymalne akceptowalne sensorycznie. Próby o masie 300 g pakowano próżniowo z wykorzystaniem pakowaczki Vac-Star 1000 i przechowywano w temperaturze $2\pm 1^{\circ}\text{C}$ przez okres 14 dni.

Bezpośrednio po przygotowaniu próby kontrolnej oceniono w niej zakres zmian hydrolytycznych i oksydacyjnych tłuszczu, kolejne analizy wykonywano po 4, 7, 11 i 14 dniach przechowywania produktów. Wskaźnikiem zaawansowania zmian hydrolytycznych była liczba kwasowa. Jej wartość wyrażaną w mg wolnych kwasów tłuszczowych/g mięsa oznaczano zgodnie z Cd 3d-63 [AOCS 2004]. Wartość liczby nadtlenkowej (LN) oznaczano zgodnie z Cd 8b-90 [AOCS 2004] i wyrażano jako gramorównoważniki aktywnego tlenu/kg mięsa. Wartości wskaźnika TBARS, oznaczającego zawartość substancji reagujących z kwasem 2-tiobarbiturowym

oznaczano zgodnie z metodyką opisaną przez Pikula i in. [1989] i wyrażano w mg aldehydu malonowego/kg mięsa korzystając z krzywej wzorcowej uzyskanej przy wykorzystaniu 1,1,3,3-tetraetoksypropanu (Sigma-Aldrich Chemie GmbH). Liczbę anizydynową określano w oparciu o Cd 18-90 [AOSC 2004]. Analizy wykonywano w trzech powtórzeniach.

Istotność różnic pomiędzy wartościami średnimi określano przy pomocy testu Tukey'a ($p < 0,05$). Porównań dokonywano przy użyciu oprogramowania Statistica v. 13 (TIBCO Software Inc.).

2. Wyniki

W tabelach 1 i 2 przedstawiono wartości liczby kwasowej przechowywanego mięsa ryb z dodatkiem olejku tymiankowego i rozmarynowego oraz próby kontrolnej. Liczba kwasowa charakteryzuje zakres zmian hydrolitycznych poprzez określenie zawartości wolnych kwasów tłuszczowych w próbce. Zarówno w przypadku mięsa łososia jak i pstrąga obserwowano wzrost wartości tego wskaźnika wraz z upływem czasu przechowywania, przy czym szczególnie duży był on pomiędzy 11 a 14 dniem. Wyższą wartość końcową wskaźnik ten osiągnął w przypadku mięsa z pstrąga. Oba zastosowane olejki eteryczne miały nieznaczny wpływ na wartość liczby kwasowej. Wysokie stężenie wolnych kwasów tłuszczowych sprzyja procesom oksydacyjnym, na które są one szczególnie podatne.

Zawartość pierwotnych produktów utleniania tłuszczów, tj. nadtlenków i wodonadtlenków oceniano za pomocą liczby nadtlenkowej. W przypadku mięsa ryb obu badanych gatunków wskaźnik ten znacząco wzrastał przez cały okres przechowywania prób (Tabela 1 i 2). W przypadku pstrąga tęczowego w próbce świeżej zawartość omawianych związków była poniżej progu wykrywalności natomiast po okresie przechowywania wzrosła do wartości znacznie większych niż w przypadku prób łososia. Dodane olejki eteryczne statystycznie istotnie zmniejszyły uzyskiwane wartości liczby nadtlenkowej przechowywanego mięsa ryb. Szczególnie duże różnice pomiędzy próbą kontrolną a próbkami zawierającymi dodatek olejków eterycznych stwierdzono w przypadku mięsa pstrąga.

Miernikami zawartości wtórnych produktów utlenienia były liczba anizydynowa i wskaźnik TBARS (Tabela 1 i 2). Większe procentowe różnice wartości pomiędzy próbą kontrolną świeżą i po 14 dniach przechowywania stwierdzono w przypadku wskaźnika TBARS niż liczby anizydynowej. Wartości tej liczby w przypadku prób kontrolnych obu gatunków ryb wzrosły dopiero po siedmiu dniach przechowywania prób, natomiast wzrost wskaźników TBARS był już widoczny po czterech dniach. Dodatek olejków eterycznych wpływał na statystycznie istotne ograniczenie powstawania wtórnych produktów utleniania lipidów, przy czym ten pochodzący z tymianku był nieznacznie skuteczniejszy niż pozyskany z rozmarynu.

Tabela 1. Wartości liczby kwasowej, nadtlenkowej, anizydynowej i wskaźnika TBARS w trakcie chłodniczego ($2\pm 1^{\circ}\text{C}$) przechowywania mielonego mięsa pstrąga

Czas przechowywania (dni)	Rodzaj próby		
	Kontrola	Olejek eteryczny z tymianku (0,02% v/w)	Olejek eteryczny z rozmarynu (0,02% v/w)
Liczba kwasowa [mg/g]			
0	4,17 ± 0,08	-	-
4	4,31 ± 0,10 ^a	4,25 ± 0,05 ^a	4,18 ± 0,03 ^a
7	5,10 ± 0,02 ^a	5,12 ± 0,06 ^a	5,53 ± 0,07 ^b
11	5,43 ± 0,01 ^a	5,40 ± 0,03 ^a	5,49 ± 0,01 ^a
14	8,52 ± 0,04 ^a	7,66 ± 0,07 ^b	8,14 ± 0,02 ^c
Liczba nadtlenkowa [meq/kg]			
0	0,00 ± 0,00	-	-
4	8,17 ± 0,14 ^a	0,75 ± 0,08 ^b	0,55 ± 0,00 ^c
7	12,49 ± 0,15 ^a	4,69 ± 0,00 ^b	4,42 ± 0,15 ^c
11	18,77 ± 0,14 ^a	7,13 ± 0,15 ^b	9,62 ± 0,00 ^c
14	26,12 ± 0,09 ^a	12,05 ± 0,00 ^b	11,85 ± 0,07 ^c
TBARS [mg MDA/kg]			
0	0,94 ± 0,06	-	-
4	3,60 ± 0,05 ^a	1,39 ± 0,08 ^b	1,45 ± 0,04 ^b
7	3,32 ± 0,03 ^a	1,72 ± 0,06 ^b	2,01 ± 0,16 ^b
11	3,84 ± 0,04 ^a	2,34 ± 0,03 ^b	2,49 ± 0,01 ^c
14	4,55 ± 0,07 ^a	2,57 ± 0,13 ^b	2,89 ± 0,05 ^c

Czas przechowywania (dni)	Rodzaj próby		
	Kontrola	Olejek eteryczny z tymianku (0,02% v/w)	Olejek eteryczny z rozmarynu (0,02% v/w)
Liczba anizydynowa			
0	0,20 ± 0,03	-	-
4	0,18 ± 0,02 ^a	0,25 ± 0,02 ^{ab}	0,29 ± 0,01 ^b
7	0,30 ± 0,03 ^a	0,17 ± 0,02 ^b	0,26 ± 0,05 ^a
11	0,32 ± 0,02 ^a	0,15 ± 0,01 ^b	0,28 ± 0,01 ^a
14	0,37 ± 0,01 ^a	0,22 ± 0,03 ^b	0,27 ± 0,01 ^c

Wartości w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ($p < 0,05$), Źródło: badania własne.

Tabela 2. Wartości liczby kwasowej, nadtlenkowej, anizydynowej i wskaźnika TBARS w trakcie chłodniczego ($2\pm 1^{\circ}\text{C}$) przechowywania mielonego mięsa łosia

Czas przechowywania (dni)	Rodzaj próby		
	Kontrola	Olejek eteryczny z tymianku (0,02% v/w)	Olejek eteryczny z rozmarynu (0,02% v/w)
Liczba kwasowa [mg/g]			
0	4,35 ± 0,09	-	-
4	4,58 ± 0,06 ^a	4,55 ± 0,05 ^a	4,36 ± 0,07 ^a
7	5,37 ± 0,05 ^a	5,83 ± 0,05 ^b	4,88 ± 0,06 ^c
11	5,14 ± 0,05 ^a	5,56 ± 0,03 ^b	5,23 ± 0,06 ^a
14	6,45 ± 0,03 ^a	6,27 ± 0,06 ^{ab}	6,23 ± 0,02 ^b
Liczba nadtlenkowa [meq/kg]			
0	0,77 ± 0,04	-	-
4	2,50 ± 0,03 ^a	1,64 ± 0,03 ^b	1,29 ± 0,06 ^c
7	4,49 ± 0,06 ^a	4,33 ± 0,06 ^a	4,45 ± 0,07 ^a
11	5,18 ± 0,06 ^a	3,40 ± 0,06 ^b	3,25 ± 0,06 ^b
14	8,50 ± 0,00 ^a	6,05 ± 0,00 ^b	5,71 ± 0,07 ^c
TBARS [mg MDA/kg]			
0	1,44 ± 0,07	-	-
4	3,74 ± 0,12 ^a	2,07 ± 0,07 ^b	1,86 ± 0,03 ^c
7	3,95 ± 0,06 ^a	3,22 ± 0,09 ^b	3,29 ± 0,05 ^b

Czas przechowywania (dni)	Rodzaj próby		
	Kontrola	Olejek eteryczny z tymianku (0,02% v/w)	Olejek eteryczny z rozmarynu (0,02% v/w)
11	4,03 ± 0,13 ^a	2,21 ± 0,05 ^b	2,70 ± 0,10 ^c
144	4,56 ± 0,05 ^a	2,48 ± 0,06 ^b	3,28 ± 0,03 ^c
Liczba anizydynowa			
0	0,20 ± 0,03	-	-
4	0,16 ± 0,01 ^a	0,17 ± 0,04 ^{ab}	0,25 ± 0,03 ^b
7	0,30 ± 0,02 ^a	0,26 ± 0,03 ^a	0,29 ± 0,05 ^a
11	0,31 ± 0,01 ^a	0,16 ± 0,01 ^b	0,15 ± 0,01 ^b
14	0,42 ± 0,02 ^a	0,28 ± 0,01 ^b	0,38 ± 0,02 ^c

Wartości w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ($p < 0,05$), Źródło: badania własne.

3. Dyskusja

Jednymi z najpopularniejszych ryb w Polsce są dwuśrodowiskowe łososię i słodkowodne pstrągi tęczowe. Oba gatunki są hodowane na szeroką skalę. Łuczyńska i in. [2011] podają, że zawartość tłuszczu w tkance mięśniowej z części grzbietowej łososi wynosiła 11,57% a pstrągów 4,39%. W próbach łososi zawartość kwasów tłuszczowych nasyconych, monoenujących, polienowych n-6 i n-3 wynosiła odpowiednio: 22,39%, 44,59, 9,77% i 19,99%. W przypadku badanych prób pstrąga było to: 26,79%, 35,08%, 12,6% i 23,18%. Tak wysoki udział kwasów tłuszczowych nienasyconych powoduje dużą podatność tłuszczu wymienionych ryb na utlenianie. Z tego względu poszukuje się możliwości zapobiegania niekorzystnym zmianom poprzez dodatek substancji o charakterze antyoksydantów. Jednymi z możliwych do zastosowania dodatków są olejki eteryczne, z których duża część wykazuje właściwości przeciwutleniające [Miguel 2010]. Silnymi właściwościami antyoksydacyjnymi wynikającymi z zawartości tymolu i karwakrolu wyróżnia się tymianek [Yanishlieva i in. 1999]. Również rozmaryn i pozyskiwane z niego ekstrakty znane są z działania przeciwutleniającego [Yanishlieva i in. 2006]. Jayasena i Jo [2014] wśród olejków eterycznych o znaczącym potencjale antyoksydacyjnym wymieniają

te pochodzące z tymianku, rozmarynu, oregano, szalwii, imbiru, goździków, kasji, czarnego pieprzu, majeranku i bazylii.

W niniejszej pracy stwierdzono różnice pomiędzy szybkością wzrostu oznaczanych wartości liczby nadtlenkowej w mięsie obu porównywanych gatunków ryb (Tabele 1 i 2). Być może wyjaśnieniem tych różnic są inne niż kwasy tłuszczowe substancje obecne w tkance mięsnej. Skiera i inni [2012] na podstawie swoich badań dotyczących tłuszczów roślinnych podają, że w tłuszczach tych mogą być zawarte naturalne substancje utleniające lub redukujące, które istotnie wpływają na rezultaty pomiaru liczby nadtlenkowej. Być może na uzyskane w niniejszej pracy rezultaty wpływały np. składniki pasz podawanych rybom. Dodatek olejków eterycznych do prób spowodował wyraźne obniżenie wartości mierzonego wskaźnika.

Szczególnie duże różnice pomiędzy próbkami kontrolnymi a tymi zawierającymi dodatek olejków eterycznych wystąpiły w przypadku mięsa z pstrąga. Po dwóch tygodniach przechowywania liczba nadtlenkowa prób z dodatkami była o ponad 50% mniejsza niż w przypadku próby kontrolnej. Jednymi z głównych składników olejku z tymianku są tymol i karwakrol oraz p-cymen natomiast w olejku z rozmarynu stwierdza się m.in. eukaliptol, α -pinen, 1,8-cineol, limonen czy kamforę [Jayasena & Jo 2014; Wang i in. 2008; Yanishlieva i in. 2006].

Ocenianymi w niniejszej pracy wskaźnikami zawartości wtórnych produktów utlenienia były liczba TBARS i liczba anizydynowa. Za pomocą pierwszej z tych liczb oznacza się przede wszystkim zawartość dialdehydu malonowego (MDA) powstającego na drodze autooksydacji z nienasyconych aldehydów, ale też inne substancje mogące reagować z kwasem 2-tiobarbiturowym. MDA jest uważany za substancję szkodliwą mającą m.in. właściwości mutagenne [Dana & Saguy, 2001]. Również w przypadku tego wskaźnika zaobserwowano korzystne działanie obu dodanych olejków eterycznych (Tabela 1 i 2). Oba dodatki podobnie obniżyły oznaczane wartości, nieznacznie lepszy efekt uzyskano w przypadku produktu z tymianku. Nie stwierdzono także dużego zróżnicowania w wartościach tego wskaźnika w odniesieniu do obu badanych gatunków ryb.

Liczba anizydynowa również odnosi się do zawartości aldehydów w próbce, przede wszystkim nienasyconych 2,4-dienali i 2-alkenali [Tompins & Perkins 1999].

Nie może być jednak wskaźnikiem zawartości aldehydów nasyconych [Zuo i in. 2017]. Wartość tej liczby wzrosła w próbach kontrolnych około dwukrotnie po okresie przechowywania (Tabela 1 i 2). Podobnie jak w przypadku wskaźnika TBARS obserwowano korzystny wpływ obu dodatków, z niewielką przewagą olejku eterycznego z tymianku, jednak widoczny był on dopiero w końcowej fazie przechowywania.

Jak podają Hao i in. [2021] stale rośnie zainteresowanie możliwością zastosowania olejków eterycznych do konserwacji żywności pochodzenia morskiego, a szczególnie intensywne badania są prowadzone przez ostatnie lata. W analizach, w których uwaga skoncentrowana jest na zahamowaniu rozwoju mikroorganizmów często aplikacja olejków eterycznych dotyczy powierzchni utrwalanych ryb, które mogą być zanurzane lub natryskiwane odpowiednimi preparatami. Stosowane w tych przypadkach stężenia olejków eterycznych są często znacznie wyższe niż użyte w niniejszej pracy i przekraczają $0,05 \div 0,1\%$ dochodząc nawet do 4% co wiąże się z silnym wpływem na zapach produktu. Cytowani autorzy na podstawie przeprowadzonej metaanalizy wskazują m.in., że stosowane stężenia olejków eterycznych mogą być niższe pod warunkiem jednoczesnego wykorzystania koncepcji płatków technologicznych oraz że nawet takie same dawki olejku eterycznego mogą dać różny efekt hamujący. Wśród najbardziej skutecznych w obniżaniu ogólnego zanieczyszczenia mikrobiologicznego produktów rybnych autorzy wymieniają m.in. olejek eteryczny tymiankowy. Również Hassoun i Çoban [2017] wymieniają zarówno olejek eteryczny z tymianku, jak i rozmarynu jako te, które mogą znaleźć zastosowanie w zwiększaniu trwałości ryb i produktów pochodzenia morskiego i być może częściowo zastąpić dodatki syntetyczne w tych produktach. Jednak, jak podkreślają wspomniani autorzy, problemem jest efektywność dawek, które z powodu wpływu na cechy sensoryczne i nawet niepożądany wpływ na zdrowie, nie mogą być zbyt wysokie. Stosowane w niniejszej pracy stężenia olejków eterycznych należą do jednych z najniższych uwzględnianych w badaniach i w tych dawkach oba dodatki wykazały istotny wpływ na obniżenie wartości wskaźników jęłczenia tłuszczów.

4. Podsumowanie

W trakcie przechowywania mielonego mięsa łososia i pstrąga tęczowego obserwowano wzrost wszystkich badanych wskaźników jęlczenia tłuszczów, tj. liczby kwasowej, nadtlenkowej, anizydynowej i wskaźnika TBARS. Największe procentowo zmiany dotyczyły liczby nadtlenkowej przechowywanego mięsa pstrąga. W przypadku pozostałych ocenianych wskaźników nie stwierdzono znaczących różnic w szybkości jęlczenia obu przechowywanych gatunków ryb. Dodatek zarówno olejku eterycznego z tymianku jak i rozmarynu wpłynęły korzystnie i przyczyniły się do obniżenia szybkości utleniania tłuszczu, co znalazło potwierdzenie w niższych wartościach wskaźników tego procesu w porównaniu do prób kontrolnych. Nie stwierdzono także istotnych różnic w działaniu obu olejków eterycznych, ten pochodzący z tymianku był jedynie nieznacznie skuteczniejszy. Uzyskane wyniki wskazują na możliwość wykorzystania wymienionych olejków eterycznych w celu ograniczenia zmian oksydacyjnych w tłuszczu ryb. Zaobserwowany wpływ dodatków może zostać wykorzystany do modyfikacji składu produktów rybnych pozwalających wydłużyć ich trwałość a tym samym ułatwić proces zarządzania procesami przechowywania i dystrybucji.

5. Podziękowania

Badania zostały sfinansowane z dotacji przyznanej przez MEiN na działalność statutową.

Literatura

- Ackman, R.G., 1990, *Seafood lipids and fatty acids*, *Food Reviews International*, vol. 6, no. 4, pp. 617–646.
- Albert, B.B., Cameron-Smith, D., Garg, M.L., Derraik, J.G.B., Hofman, P.L., Cutfield, W.S., 2016, *Marine oils: Complex, confusing, confounded?*, *Journal of Nutrition & Intermediary Metabolism*, vol. 5, pp. 3–10.
- Amaral, A.B., da Silva, M.V., da Silva Lannes, S.C., 2018, *Lipid oxidation in meat: mechanisms and protective factors – a review*, *Food Science and Technology, Campinas*, vol. 38 (Suppl. 1), pp. 1–15.

- AOCS, 2004, *Official methods and recommended practices of the AOCS*. AOCS Press, Champaign.
- Dana, D., Saguy, I.S., 2001, *Frying of nutritious foods: Obstacles and feasibility*, *Food Science and Technology Research*, vol. 7, no. 4, pp. 265–279.
- Gawęcki, J. (red.), 1996, *Prawda o tłuszczach*. Biblioteczka Olimpiady Wiedzy o Żywieniu, Wydawnictwo AR, Poznań.
- Gil, A., Gil, F., 2015, *Fish, a Mediterranean source of n-3 PUFA: benefits do not justify limiting consumption*, *British Journal of Nutrition*, vol. 113, pp. S58–S67.
- Hao, R., Roy, K., Pan, J., Shah, B.R., Mraz, J., 2021, *Critical review on the use of essential oils against spoilage in chilled stored fish: A quantitative meta-analyses*, *Trends in Food Science & Technology*, vol. 111, pp. 175–190.
- Hassoun, A., Emir Çoban, Ö., 2017, *Essential oils for antimicrobial and antioxidant applications in fish and other seafood products*, *Trends in Food Science & Technology*, vol. 68, pp. 26–36.
- Henderson, R.J., Tocher, D.R., 1987, *Biochemistry of freshwater fish*, *Progress in Lipid Research*, vol. 36, pp. 281–347.
- Jayasena, D.D., Jo, C., 2014, *Potential application of essential oils as natural antioxidants in meat and meat products: A review*, *Food Reviews International*, vol. 30, pp. 71–90.
- Kiessling, A., Pickova, J., Johansson, L., Åsgård, T., Storebakken, T., Kiessling, K.-H., 2001, *Changes in fatty acid composition in muscle and adipose tissue of farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in relations to ration and age*, *Food Chemistry*, vol. 73, no. 3, pp. 271–284.
- Lordan, R., Redfern, S., Tsoupras, A., Zabetakis, I., 2020, *Inflammation and cardiovascular disease: are marine phospholipids the answer?*, *Food & Function*, vol. 11, no. 4, pp. 2861–2885.
- Łuczyńska, J., Tońska, E., Borejszo, Z., 2011, *Zawartość makro- i mikroelementów oraz kwasów tłuszczowych w mięśniach łososia (*Salmo salar* L.), pstrąga tęczowego (*Oncorhynchus mykiss* Walb.) i karpia (*Cyprinus carpio* L.)*, *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, vol. 3, no. 76, pp. 162–172.
- Miguel, M.G., 2010, *Antioxidant and anti-inflammatory activities of essential oils: A short review*, *Molecules*, vol. 15, no. 12, 9252–9287.
- Pikul, J., Leszczynski, D.E., Kummerow, F.A., 1989, *Evaluation of three modified TBA methods for measuring lipid oxidation in chicken meat*, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 37, pp. 1309–1313.
- Satué, M.T, López, M.C., Agramont, A., 1994, *Fatty acid composition of trout oil*, *Food Chemistry*, vol. 50, no. 4, pp. 363–365.
- Satué, M.T, López, M.C., 1996, *Sex-linked differences in fatty acid composition of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) liver oil*, *Food Chemistry*, vol. 57, no. 3, pp. 359–363.
- Sikorski, Z.E., 1990, *Substancje nie zmydlające się lipidów rybnych*, *Przemysł Spożywczy*, vol. 43, no. 8, pp. 187–188.
- Simopoulos, A.P., 2006, *Evolutionary aspects of diet, the omega-6/omega-3 ratio and genetic variation: nutritional implications for chronic diseases*, *Biomedicine & Pharmacotherapy*, vol. 60, pp. 502–507.
- Skiera, C., Steliopoulos, P., Kuballa, T., Holzgrabe, U., Diehl, B., 2012, *¹H NMR approach as an alternative to the classical p-anisidine value method*, *European Food Research Technology*, vol. 235, pp. 1101–1105.
- Tompkins, C., Perkins, E.G., 1999, *The evaluation of frying oils with the p-anisidine value*, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, vol. 76, no. 8, pp. 945–947.
- Wang, W., Wu, N., Zu, Y.G., Fu, Y.J., 2008, *Antioxidative activity of *Rosmarinus officinalis* L. essential oil compared to its main components*, *Food Chemistry*, vol. 108, pp. 1019–1022.

- Yanishlieva, N.V., Marinova, E.M., Gordon, M.H., Raneva, V.G., 1999, *Antioxidant activity and mechanism of action of thymol and carvacrol in two lipid systems*, *Food Chemistry*, vol. 64, pp. 59–66.
- Yanishlieva, N.V., Marinova, E., Pokorný, J., 2006, *Natural antioxidants from herbs and spices*, *European Journal of Lipid Science and Technology*, vol. 108, pp. 776–793.
- Zuo, W., Hu, X., Yang, Y., Jiang, L., Ren, L., Huang, H., 2017, *Development of an improved method to determine saturated aliphatic aldehydes in docosahexaenoic acid-rich oil: A supplement to p-anidisine value*, *European Journal of Lipid Science and Technology*, vol. 119, pp. 1700243.

ZWIĄZKI BIOAKTYWNE I ZDOLNOŚĆ ANTYOKSYDACYJNA OWOCÓW EGZOTYCZNYCH

TOMASZ PUKSZTA

*Katedra Zarządzania Jakością, Wydział Zarządzania i Nauk o Jakości,
Uniwersytet Morski w Gdyni, ORCID 0000-0003-4587-4505,
e-mail: t.pukszta@wznj.umg.edu.pl*

Streszczenie

Celem badań była ocena zawartości związków bioaktywnych oraz zdolności antyoksydacyjnych wybranych owoców egzotycznych, jako ważnej determinanty ich jakości zdrowotnej.

Materiał badawczy stanowiły: awokado odmiany Pinkerton, awokado odmiany Hass, granat czerwony, kaki, liczi oraz mango odmiany Tommy Atkins. Oznaczono w nich zawartość karotenoidów metodą Lichtenthalera (za wyjątkiem granatu czerwonego), barwników antocyjanowych metodą Fuleki'ego i Francis'a, witaminy C metodą spektrofotometryczną, sumę związków polifenolowych metodą Folina–Ciocalteu oraz zdolność do redukcji wolnych rodników metodą Yena i Chena. Celem obiektywizacji wnioskowania wyniki badań zostały poddane jednoczynnikowej analizie wariancji przy zastosowaniu testu Tukey'a. Za statystycznie istotne uznawano zależności na poziomie istotności $p < 0,05$.

Uzyskane wyniki badań wykazały, że analizowane owoce egzotyczne istotnie różnią się zawartością związków bioaktywnych. Ponadto charakteryzowały się one zróżnicowaną zdolnością do dezaktywacji stabilnych rodników DPPH.

Słowa kluczowe: owoce egzotyczne, przeciwutleniacze, związki bioaktywne, właściwości antyoksydacyjne

Wstęp

Zachodzące w organizmie człowieka niezbędne reakcje biochemiczne powodują powstawanie wysoce reaktywnych form tlenu oraz wolnych rodników. Ze względu na ich zdolność do uszkodzania komórek i tkanek, organizm ludzki wyposażony został w enzymy o działaniu antyoksydacyjnym, które chronią go przed niekorzystnymi efektami reakcji wolnorodnikowych [Gryszczyńska i Iskra 2008].

Nieodpowiedni tryb życia oraz coraz częstsza konsumpcja wysoko przetworzonych produktów spożywczych przyczyniają się jednak do powstawania znacznie większej ilości wolnych rodników niż ta, którą organizm jest w stanie sam zneutralizować. Nadmierna ilość wolnych rodników i reaktywnych form tlenu stanowią jedną z podstawowych przyczyn rozwoju przewlekłych chorób niezakaźnych. Ryzyko ich wystąpienia może zostać obniżone poprzez zwiększenie w codziennej diecie produktów dostarczających organizmowi człowieka związków bioaktywnych, takich jak: antocyjany, karotenoidy, witamina C oraz związki polifenolowe [Puksza i Platta 2017].

Związki bioaktywne, które dostarczane są do organizmu człowieka wraz z produktami żywnościowymi obniżają ryzyko wystąpienia chorób serca, raka, alergii, a także mogą działać przeciwzapalnie. Ponadto mogą one wpływać na funkcjonowanie układu redox i całkowitą zdolność antyoksydacyjną organizmu. Podstawowym źródłem związków bioaktywnych są między innymi owoce. [Gryszczyńska i Iskra 2008].

Na polskim rynku, oprócz owoców krajowych, oferowane są owoce egzotyczne.

Celem badań była ocena zawartości związków bioaktywnych oraz zdolności antyoksydacyjnych wybranych owoców egzotycznych, jako ważnej determinanty ich jakości zdrowotnej.

1. Materiał i metody

1.1. Materiał do badań

Materiałem badawczym były części jadalne wybranych, surowych owoców egzotycznych, takich jak: awokado odmiany Pinkerton, awokado odmiany Hass, granat czerwony, kaki, liczi oraz mango odmiany Tommy Atkins.

Owoce awokado Pinkerton, awokado Hass oraz granat czerwony pochodziły z Izraela natomiast kaki z Hiszpanii, liczi z Madagaskaru, a mango Tommy Atkins uprawiane było w Brazylii. Wszystkie one zakupione zostały w punktach handlu detalicznego na terenie miasta Gdynia.

1.2. Metody badań

W materiale badawczym oznaczono zawartość barwników karotenoidowych (za wyjątkiem granatu czerwonego), barwników antocyjanowych, witaminy C, polifenoli oraz aktywność antyoksydacyjną.

1.2.1. Oznaczenie zawartości barwników karotenoidowych

Zawartość barwników karotenoidowych określono metodą Lichtenthalera służącą do jednoczesnego oznaczania zawartości barwników chlorofilowych oraz karotenoidowych. Istotą tej metody jest ekstrakcja barwników 80% roztworem acetonu, a następnie odczyt wartości absorbancji za pomocą spektrofotometru.

14 g rozdrobnionego materiału badawczego zhomogenizowano z 50 cm³ bezwodnego acetonu w czasie 3 minut przy 12000 obrotach/minutę. Uzyskany homogenat przesączono przez sączek karbowany z bibuły. Następnie pozostały na sączku osad przemyto 80% acetonem do objętości 100 cm³. Z powstałego ekstraktu barwników przygotowano próby badawcze.

0,75 cm³ 80% roztworu acetonu przeniesiono do kolby miarowej o pojemności 25 cm³, a następnie uzupełniono ekstraktem barwników do kreski. Przygotowane roztwory zostały umieszczone w miejscu bez dostępu światła, w temperaturze 20°C na 3 godziny. Po określonym czasie zmierzono absorbancję prób, za pomocą spektrofotometru SEMCO S/EC, przy długości fal 470 nm, 649 nm i 665 nm. Jako odnośnik zastosowano 80% roztwór acetonu.

Zawartość chlorofilu a i b wyznaczono ze wzorów:

$$C_a = 11,63A_{665} - 2,39A_{649} \quad (\text{mg/dm}^3) \quad (1.1)$$

$$C_b = 20,11A_{649} - 5,19A_{665} \quad (\text{mg/dm}^3) \quad (1.2)$$

Obliczoną zawartość chlorofilu a i b przeliczono na mg/100 g materiału badawczego i zastosowano we wzorze na sumę barwników karotenoidowych w badanych próbach.

Zawartość barwników karotenoidowych obliczono ze wzoru:

$$C_X = \frac{1000 \cdot A_{470} - 1,82 \cdot C_a - 85,02 \cdot C_b}{198} \quad (1.3)$$

gdzie:

A – absorbancja,

C_a – zawartość chlorofilu a (mg/100 g),

C_b – zawartość chlorofilu b (mg/100 g),

C_x – zawartość sumy karotenoidów (mg/100 g) [Polak i in. 2009].

1.2.2. Oznaczenie zawartości barwników antocyjanowych

Zawartość sumy barwników antocyjanowych wyznaczono metodą Fuleki'ego i Francis'a. Istota tej metody polega na pomiarze absorbancji przy 510 nm w próbkach rozcieńczonych buforami o pH 1,0 i 4,5. Zawartość barwnika obliczana jest w wartościach bezwzględnych przy pomocy tzw. współczynników ekstynkcji właściwej dla antocyjanów owoców żurawiny rozcieńczonych w buforach.

W kolbie miarowej o pojemności 50 cm³ umieszczono 2 g produktu i uzupełniono do kreski buforem o pH 1,0. W drugiej kolbie miarowej umieszczono 10 g produktu i uzupełniono do kreski buforem o pH 4,5. Zawartość kolb dokładnie wymieszano i odstawiono na dwie godziny do ciemnego pomieszczenia o temperaturze pokojowej. W tym czasie ustalała się równowaga kationowej i anionowej formy antocyjanów. Po upływie dwóch godzin roztwory przesączono i zmierzono absorbancję spektrofotometrem SEMCO S/Ec przy λ=510 nm, wobec odpowiednich buforów jako prób odniesienia.

Całkowitą zawartość antocyjanów w mg/100 g obliczono ze wzoru:

$$TA_{cy} = \frac{500 \cdot (5 \cdot A_{pH1,0} - A_{pH4,5})}{77,5} \quad (1.4)$$

gdzie:

$A_{pH1,0}$ - zmierzona absorbanca przy pH 1,0,

$A_{pH4,5}$ - zmierzona absorbanca przy pH 4,5 [Michałowski 1995].

1.2.3. Oznaczenie zawartości witaminy C

Zawartość witaminy C oznaczono metodą spektrofotometryczną według normy PN-A-04019:1998. Metoda ta polega na ekstrakcji witaminy z badanej próby kwasem szczawiowym, ilościowym utlenieniu w środowisku kwaśnym kwasu askorbinowego do dehydroaskorbinowego za pomocą 2,6 dichlorofenoloindofenolu oraz ekstrakcji nadmiaru barwnika ksylenem.

Z rozdrobnionej próby laboratoryjnej materiału badawczego odważono 10 g i przeniesiono ilościowo do kolby miarowej o pojemności 100 cm³ za pomocą roztworu ekstrakcyjnego. Zawartość kolby uzupełniono roztworem ekstrakcyjnym do kreski, wymieszano i przesączono, odrzucając kilka pierwszych mililitrów przesączu.

Do kolby Erlenmayera ze szlifem o pojemności 50 cm³ odmierzone 5 cm³ przygotowanego przesączu, dodano 5 cm³ roztworu buforowego o pH 4,0, 2 cm³ roztworu 2,6 dichlorofenoloindofenolu, wymieszano i dodano 10 cm³ ksylenu. Wytrząsano 10 sekund. Po rozdzieleniu się warstw, zebrano warstwę ksylenową do kuwet pomiarowych i zmierzono absorbancję. Nadmiar barwnika oznaczono spektrofotometrycznie przy długości fali $\lambda=500$ nm.

Z krzywej kalibracyjnej odczytano ilość cm³ roztworu 2,6 dichlorofenoloindofenolu, która nie weszła w reakcję.

Zawartość witaminy C wyrażoną w mg/100 g, obliczono ze wzoru:

$$K = \frac{(V_0 - V_1) \cdot d}{m' \cdot V_2 \cdot m_0} \cdot 100 \quad (1.5)$$

gdzie:

K - zawartość witaminy C (mg/100 g),

m_0 - naważka materiału badawczego (g),

m' - miano roztworu barwnika ($\text{cm}^3/1$ mg witaminy C),

V_0 - objętość roztworu 2,6 dichlorofenolindofenolu dodana do oznaczania badanej próbki (cm^3),

V_1 - objętość nadmiaru roztworu barwnika, odpowiadająca zmierzonej absorbancji próby, odczytana z krzywej kalibracyjnej (cm^3),

V_2 - objętość przesącza próby badanej pobrana do oznaczania (cm^3),

d - pojemność kolby miarowej (cm^3) [PN-A-04019:1998].

1.2.4. Oznaczenie sumy związków polifenolowych

Ogólną zawartość związków polifenolowych oznaczono metodą Folina-Ciocalteu, polegającą na pomiarze absorbancji kompleksu powstałego w wyniku redukcji soli kwasów fosforowolframolibdenowych, tzw. odczynnika Folina-Ciocalteu. Występujące w badanych próbach związki fenolowe ulegają utlenieniu, a sole kwasów fosfomolibdenowego i fosfowolframowego redukcji w środowisku zasadowym. Wykorzystywana jest zdolność polifenoli do barwnej reakcji z odczynnikiem Folina-Ciocalteu [Dmowski i Post 2018].

Odważono 5 g materiału badawczego, które poddano ekstrakcji za pomocą 30 cm^3 80% alkoholu etanolowego, przez jedną godzinę, w temperaturze pokojowej, w miejscu chronionym przed dostępem światła. Po określonym czasie mieszaninę poddano odwirowaniu przez 20 minut z prędkością 1130 obrotów/minutę. Odwirowany ekstrakt przeniesiono do kolby miarowej o pojemności 50 cm^3 i uzupełniono 80% alkoholem do kreski. Uzyskany ekstrakt wykorzystano do oznaczenia zawartości związków polifenolowych oraz zdolności do redukcji wolnych rodników.

Do 0,1 cm³ etanolowego ekstraktu badanych prób dodano 6 cm³ wody destylowanej, 0,5 cm³ odczynnika Folina-Ciocalteu oraz 1,5 cm³ nasyconego roztworu Na₂CO₃. Po 30-minutowej inkubacji w temperaturze 40°C dokonano pomiaru absorbancji roztworu przy długości fali $\lambda=765$ nm.

Wyniki oznaczeń przedstawione zostały jako ilość równoważnika kwasu galusowego w 100 g materiału badawczego (mg GAE/100 g) [Peri i Pompei 1971; Singleton i Rossi 1965].

1.2.5. Oznaczenie zdolności do inhibicji wolnych rodników

Aktywność antyoksydacyjna oznaczana została jako zdolność wygaszania syntetycznego rodnika DPPH, wyrażona w procentach inhibicji badanych owoców.

Do 1,5 cm³ etanolowego roztworu DPPH dodano 0,02 cm³ odpowiednio przygotowanego ekstraktu z badanych owoców. Próby inkubowano w temperaturze 30°C przez 30 minut. Po upływie czasu zmierzono absorbancję przy długości fali $\lambda=517$ nm wobec etanolu jako próby zerowej. Próbę kontrolną stanowiła mieszanina 1,5 cm³ roztworu DPPH i 0,02 cm³ etanolu. Każdy pomiar wykonano trzykrotnie i obliczono średnią wartość absorbancji dla danego roztworu. Zdolność badanych owoców do przeciwdziałania reakcji utlenienia, wyrażona jako procentową inhibicję rodnika DPPH, obliczona została na podstawie zależności:

$$\% \text{ inhibicji} = 100 \cdot \frac{(A_0 - A_{sr.})}{A_0} \quad (1.6)$$

gdzie:

$A_{sr.}$ – średnia wartość absorbancji badanego roztworu zawierającego antyoksydant,

A_0 – absorbancja próby kontrolnej [Zych i Krzepińko 2010].

1.2.6. Analiza statystyczna

Wyniki oznaczeń stanowią średnią arytmetyczną z trzech powtórzeń dla każdego z owoców stanowiących materiał badawczy. Wpływ gatunku owoców na analizowane wyróżniki jakościowe określono za pomocą jednoczynnikowej analizy wariancji.

Normalność rozkładu sprawdzono testem Shapiro-Wika. Wartość statystyki p była wyższa niż 0,05 ($p > 0,05$) nie dając tym samym podstaw do odrzucenia hipotezy o normalności rozkładu badanych danych.

Homogeniczność wariancji sprawdzono testem Levene'a. Metoda ta testuje hipotezę zerową wskazującą na równość wariancji. Ponieważ wartość istotności testu Levene'a była wyższa niż 0,05 ($p > 0,05$), przyjęto założenie o homogeniczności wariancji.

Istotność różnic między badanymi owocami sprawdzono testem Tukeya. Za statystycznie istotne uznawano zależności na poziomie istotności $p < 0,05$.

Uzyskane wyniki oceny statystycznej przedstawiono w tabeli z zaznaczeniem przynależności do klas średnich przy pomocy klasyfikacji literowej.

Zależności między aktywnością antyoksydacyjną, a zawartością karotenoidów, antocyjanów, witaminy C oraz polifenoli oceniono za pomocą współczynnika korelacji liniowej Pearsona.

Wszystkie obliczenia wykonano przy pomocy programu Statistica 13.3.

2. Omówienie wyników

Owoce egzotyczne stanowiące materiał badawczy różniły się zawartością związków bioaktywnych oraz aktywnością antyoksydacyjną (tab. 1).

Karotenoidy występujące w produktach pochodzenia roślinnego pełnią istotną rolę w prawidłowym funkcjonowaniu organizmu człowieka. Poprzez wspomaganie działalności systemu ochronnego przed wolnymi rodnikami, przyczyniają się one do opóźnienia procesów starzenia się, zapobiegają rozwojowi przewlekłych chorób niezakaźnych. Ponadto uczestnicząc w funkcjonowaniu układu immunologicznego, barwniki karotenoidowe zapobiegają chorobom serca, oczu i skóry [Puksza 2021].

Tabela 1. Zawartość związków bioaktywnych oraz aktywność antyoksydacyjna wybranych owoców egzotycznych

Owoce	Karotenoidy mg/100 g ś.m.	Antocyjany mg/100 g ś.m.	Witamina C mg/100 g ś.m.	Polifenole ogółem mg GAE/100 g ś.m.	Aktywność antyoksydacyjna % inhibicji
Awokado Pinkerton	0,47 ± 0,02a	0,22 ± 0,02a	12,74 ± 0,79a	52,70 ± 1,38a	5,63 ± 0,53a
Awokado Hass	1,12 ± 0,04b	0,41 ± 0,06a	18,61 ± 0,92b	61,60 ± 1,89b	2,20 ± 0,14b
Granat czer- wony	----	22,30 ± 0,98b	21,86 ± 0,83c	173,16 ± 4,81c	28,83 ± 0,43c
Kaki	0,73 ± 0,04c	0,23 ± 0,03a	12,45 ± 0,32a	51,79 ± 1,81a	7,47 ± 0,59d
Liczi	0,14 ± 0,01d	0,70 ± 0,07a	18,80 ± 0,65b	82,82 ± 3,68d	5,78 ± 0,23a
Mango Tommy Atkins	0,93 ± 0,03e	0,49 ± 0,06a	47,56 ± 0,32d	70,71 ± 1,38e	15,41 ± 0,57e

Wyniki przedstawiono jako średnia ± odchylenie standardowe, n=3

Wartości średnie oznaczone różnymi małymi literami w kolumnie różnią się istotnie według testu Tukeya przy $p < 0,05$

Źródło: badania własne

Badane owoce egzotyczne, z wyjątkiem granatu czerwonego, charakteryzowały się zróżnicowaną zawartością barwników karotenoidowych. Najniższą zawartość tych barwników, wśród analizowanych surowców, stwierdzono w owocach liczi - 0,14 mg/100 g ś.m. Awokado Hass było natomiast owocem o największej zawartości karotenoidów, która kształtowała się na średnim poziomie 1,12 mg/100 g ś.m. Stosując analizę wariancji (ANOVA) dla doświadczenia jednoczynnikowego ustalono, że średnie zawartości karotenoidów w poszczególnych owocach różniły się między sobą statystycznie na poziomie istotności $p < 0,05$. Przeprowadzony test Tukeya nie wykazał istnienia w obrębie owoców grup jednorodnych, czyli wszystkie średnie zawartości barwników karotenoidowych różniły się między sobą istotnie statystycznie (tab. 1).

Zawartość barwników karotenoidowych uzyskaną w badaniach porównano z danymi w literaturze przedmiotowej. W badaniach prowadzonych przez Septembre-Malaterre i in. [2016] odnotowano zawartość karotenoidów w mango na poziomie od 0,57 mg do 2,81 mg/100 g ś.m. w zależności od odmiany, natomiast w liczi na

średnim poziomie 0,57 mg/100 g ś.m. W innej publikacji całkowita zawartość karotenoidów, w różnych odmianach kaki, różniła się istotnie i wynosiła od 0,19 mg do 1,57 mg/100 g ś.m. [Zhou i in. 2011]. Lu i in. [2009] badając zawartość karotenoidów w awokado, w zależności od miejsca uprawy i stopnia dojrzałości, oznaczyli stężenie tych związków na poziomie od 0,59 do 4,22 mg/100 g ś.m.

Antocyjany są naturalnymi barwnikami występującymi w świecie roślinnym oraz w żywności, wykorzystywanymi w celach leczniczych. Barwniki te charakteryzują się bardzo szerokim spektrum aktywności biologicznej, wykazują właściwości antyoksydacyjne, regulują apoptozę, a także uczestniczą w aktywacji enzymów. Ponadto stymulując funkcje układu immunologicznego modyfikują przebieg procesu zapalnego, a wspomagając utrzymanie szczelności naczyń krwionośnych i usprawniając przepływ krwi w naczyniach wpływają ochronnie na układ krwionośny oraz na mięsień sercowy. Barwniki antocyjanowe korzystnie oddziałują również na funkcjonowanie układu nerwowego oraz poprzez działanie antyoksydacyjne, polegające między innymi na redukcji wolnych rodników, zapobiegają rozwojowi wielu chorób, takich jak: cukrzyca, miażdżyca, zaćma, choroby nowotworowe oraz choroba Parkinsona. Antocyjany przyspieszając regenerację rodopsyny lub aktywację enzymów związanych z jej wytwarzaniem, przyczyniają się także do poprawy ostrości widzenia. Wielokierunkowa aktywność barwników antocyjanowych w organizmie człowieka stwarza możliwości na ich profilaktyczne lub lecznicze zastosowanie w terapii wielu chorób [Puksza i Platta 2018].

Zawartość barwników antocyjanowych wśród badanych owoców kształtowała się na średnim poziomie od 0,22 mg/100 g ś.m. do 22,30 mg/100 g ś.m. Najwyższą zawartością antocyjanów charakteryzowały się owoce granatu czerwonego, które zawierały ich średnio 22,30 mg/100 g ś.m., a najniższą awokado Pinkerton zawierające średnio tylko 0,22 mg/100 g ś.m. W pozostałych owocach, czyli awokado Hass, kaki, liczi oraz mango Tommy Atkins wartości te kształtowały od 0,23 mg/100 g ś.m. do 0,70 mg/100 g ś.m.

Przeprowadzona analiza statystyczna wykazała brak istotnych statystycznie różnic w zawartości antocyjanów pomiędzy owocami awokado, liczi kaki i mango. Różnice w zawartości tych barwników pomiędzy garantem czerwonym, a pozostałymi owocami były istotne (tab. 1).

Zarówno niższą, jak i wyższą zawartość barwników antocyjanowych w owocach granatu wykazali Yan-hui i in. [2022]. Stwierdzili oni zawartość analizowanych związków na poziomie od 0,49 do 25,58 mg/100 g ś.m. w zależności od odmiany.

Witamina C jest związkiem organicznym wywierającym pozytywny wpływ na organizm człowieka. Jest ona niezbędna do właściwego funkcjonowania układu odpornościowego, wpływa na stan dziąseł, zębów, naczyń krwionośnych, a ponadto wspomaga wytworzenie kolagenu, przyspiesza gojenie się ran, zmniejsza utlenianie cholesterolu oraz zapobiega zmianom miażdżycowym. Witamina C przyczynia się również do obniżenia zachorowalności na nowotwory. Kwas L-askorbinowy jest silnym antyoksydantem. Redukując wolne rodniki przyczynia się do poprawy kondycji skóry oraz opóźnienia powstawania zmarszczek. Podobnie, jak inne związki antyoksydacyjne, witamina C musi być dostarczana do organizmu człowieka wraz z codzienną dietą. Podstawowymi źródłami tej witaminy dla organizmu ludzkiego są surowce pochodzenia roślinnego, a przede wszystkim warzywa i owoce. [Janda i in. 2015].

Największą zawartością witaminy C charakteryzowały się owoce mango, w których stwierdzono średnio 47,56 mg kwasu askorbinowego w przeliczeniu na 100 g ś.m. Natomiast najniższe stężenie kwasu L-askorbinowego odnotowano w owocach kaki (12,45 mg/100 g ś.m.).

Zastosowana analiza wariancji wykazała istnienie statystycznej różnicy pomiędzy średnimi otrzymanymi dla badanych owoców na poziomie istotności 95%. Przeprowadzony dodatkowo test Tukeya pozwolił na wyznaczenie, wśród poszczególnych prób, dwóch grup jednorodnych, w których nie występują statystycznie istotne różnice. Pierwsza z nich stworzona została przez owoce awokado odmiany Pinkerton i kaki, druga natomiast przez awokado Hass oraz liczi (tab. 1).

Zawartość kwasu L-askorbinowego w owocach egzotycznych stanowiła również przedmiot badań Guo i wsp. [2003]. Według cytowanych autorów owoce

liczi zawierają średnio 41,05 mg/100 g ś.m, kaki 9,93 mg/100 g ś.m., a mango 23,18 mg/100 g ś.m. Natomiast według Leonga i Shui [2002], którzy oznaczali zawartość kwasu L-askorbinowego w 27 owocach egzotycznych, stężenie witaminy C w mango kształtuje się na poziomie 19,7 mg/100 g ś.m., a w awokado na poziomie 9,0 mg/100 g ś.m. Septembre-Malaterre i in. [2016] oznaczając antyoksydacyjne właściwości owoców tropikalnych wykazali, iż owoce liczi zawierają 10,1 mg/100 g ś.m., mango American 18,2 mg/100 g ś.m., a mango José 6,0 mg/100 g ś.m. Nieco niższą zawartość witaminy C w owocach kaki, od oznaczonej w badaniach własnych, wykazał Ochmian i in. [2016]. Badając wpływ przechowywania na wybrane cechy fizyczne i skład chemiczny owoców kaki, stwierdzili 10,5 mg kwasu L-askorbinowego na 100 g ś.m. tych owoców. Natomiast na wyższą zawartość witaminy C w kaki wskazują dane prezentowane przez Rabelo Vaz Matheus i in. [2022]. Według nich owoce kaki zawierają średnio 12,5 mg tej witaminy na 100 g ś.m. Również niższą zawartość witaminy C, kształtującą się na poziomie od 4,60 mg do 10,10 mg/100 g, stwierdziła Yan-hui i in. [2022] podczas kompleksowej oceny 20 odmian owoców granatu.

Polifenole różniąc się strukturą i masą cząsteczkową, stanowią największą grupę wśród naturalnych przeciwutleniaczy. Powstają one z metabolitów pierwotnych w wyniku biosyntezy węglowodanów. Związki fenolowe korzystnie oddziałują na zdrowie i funkcjonowanie organizmu człowieka [Rosicka-Kaczmarek 2004].

Polifenole chronią komórki organizmu przed uszkodzeniami powodowanymi działaniem wolnych rodników, które mogą przyczyniać się do degradacji błon komórkowych, materiału genetycznego, struktur lipidowych i białkowych. Ponadto charakteryzują się one właściwościami przeciwnowotworowymi, przeciwzapalnymi, antibakteryjnymi i antywirusowymi. Zapobiegają również powstawaniu zakrzepów i miażdżycy naczyń krwionośnych, a także łączą się z kolagenem obniżając w ten sposób ryzyko wystąpienia nietolerancji histaminy [Bartosz 2003].

Zawartość polifenoli ogółem w badanych owocach egzotycznych wykazała istotne zróżnicowanie. Jedynie różnice pomiędzy awokado Pinkerton i kaki były nieistotne statystycznie. Najniższą zawartością polifenoli ogółem charakteryzowały

się owoce kaki, natomiast najwyższą granatu czerwonego. Owoce kaki zawierały 51,79 mg, a granatu czerwonego 173,16 mg antocyjanów na 100 g ś.m. (tab.1).

W literaturze przedmiotowej prezentowane są zróżnicowane dane dotyczące zawartości polifenoli w owocach egzotycznych. Według Ochmiana i in. [2016] owoce kaki, w zależności od odmiany, zawierają średnio od 20,0 do 31,7 mg polifenoli w 100 g produktu w przeliczeniu na kwas galusowy. Natomiast September-Malaterre i in. [2016] podają, że w owocach mango występuje od 41,1 do 49,0 mg GAE/100 g ś.m., a w liczi 178,0 mg GAE/100 g ś.m. Z kolei Fu i in. [2011] podczas analizy zawartości związków bioaktywnych w owocach stwierdzili, że awokado zawiera 21,8; liczi 59,77; mango od 35,01 do 37,03; kaki 112,09; a granat czerwony 146,94 mg GAE/100 g ś.m.

Aktywność antyoksydacyjną owoców egzotycznych stanowiących materiał badawczy określono na podstawie zdolności do wygaszania syntetycznego rodnika DPPH.

Przeprowadzone badania wykazały brak istotnie statystycznej różnicy w zdolności do wygaszania wolnych rodników pomiędzy awokado Pinkerton, a liczi. Stwierdzone różnice pomiędzy pozostałymi owocami okazały się istotne. Najwyższą aktywnością przeciwrodnikową charakteryzował się czerwony granat - 28,83%. Najniższą wartość aktywności wykazywało awokado Hass - 2,20%. Zdolność do inhibicji wolnych rodników pozostałych owoców zawierała się pomiędzy 5 a 15% (tab. 1). Wartości te były znacznie niższe niż uzyskane przez Septembre-Malaterre i in.[2016]. W swoich badaniach wykazali oni aktywność przeciwrodnikową owoców mango i liczi na poziomie od 45% do 58%.

Aktywność przeciwrodnikowa wyznaczona w oparciu o zdolności do wygaszania wolnych rodników DPPH zależna jest od wielu zmiennych doświadczenia. Powoduje to trudności w porównywaniu tak mierzonych aktywności przeciwrodnikowych przeprowadzanych w różnych warunkach [Dawidowicz i in. 2012].

Zdolność do redukcji wolnych rodników, a także zawartość związków bioaktywnych w owocach przedstawiana w literaturze przedmiotu oraz w badaniach własnych znacznie różnią się. Różnice te powodowane mogą być zastosowanymi metodami analitycznymi oraz przygotowaniem prób. Sposób ekstrakcji, jej czas trwania,

stopień rozdrobnienia materiału badawczego, zastosowany układ ekstrakcyjny także znacząco wpływa na uzyskiwane wyniki analizy. Ponadto stadium dojrzałości, rodzaj i odmiana badanych owoców, warunki przed i pozbiorowe, a przede wszystkim przechowywania, decydują o różnicach w analizie ilościowej [Dembitsky i in. 2011; Jayaprakasha i in. 2012]

Na rodzaj i odmianę oraz warunki klimatyczno-glebowe uprawy, jako czynniki decydujące o zawartości związków bioaktywnych i właściwościach przeciwrodnikowych owoców egzotycznych, zwrócili również uwagę Park i in. [2013]. Stwierdzili oni występowanie istotnych różnic w zawartości składników bioaktywnych i aktywności antyoksydacyjnej pomiędzy owocami pochodzącymi z upraw ekologicznych i konwencjonalnych.

Zdolność produktów pochodzenia roślinnego do redukcji wolnych rodników w znacznej mierze zależy od zawartości związków polifenolowych. Biorąc jednak pod uwagę fakt, iż właściwości antyoksydacyjne kształtowane są również przez witaminę C oraz barwniki antocyjanowe i karotenoidowe, analizie poddano zależność pomiędzy zawartością tych związków w badanych owocach egzotycznych, a ich aktywnością przeciwrodnikową. Analizy dokonano w oparciu o współczynnik korelacji liniowej Pearsona (tab. 2).

Tabela 2. Tabela korelacji

	Aktywność antyoksydacyjna	Zawartość karotenoidów	Zawartość antocyjanów	Zawartość witaminy C	Zawartość polifenoli ogółem
Aktywność antyoksydacyjna	1,0000	0,1294	0,8934	0,3738	0,8875
Zawartość karotenoidów	0,1294	1,0000	-0,3322	0,3576	-0,3789
Zawartość antocyjanów	0,8934	-0,3322	1,0000	0,0026	0,9685
Zawartość witaminy C	0,3738	0,3576	0,0026	1,0000	0,1086
Zawartość polifenoli ogółem	0,8875	-0,3789	0,9685	0,1086	1,0000

Źródło: badania własne

Uzyskane wyniki świadczą o dodatniej korelacji między zawartością poszczególnych związków, a zdolnością do inhibicji wolnych rodników. Obliczone wartości współczynników korelacji wyniosły, odpowiednio $r = 0,1294$; $r = 0,8934$; $r = 0,3738$; $r = 0,8875$. Pozwalają one na stwierdzenie, że zawartość związków polifenolowych wraz z antocyjanami decydują w większym stopniu o aktywności przeciwutleniającej badanych owoców egzotycznych niż zawartość barwników karotenoidowych i witaminy C. Istnienie wysokiej, dodatniej korelacji między zawartością związków polifenolowych, a zdolnością do inhibicji wolnych rodników wykazali inni autorzy. Leong i Shui [2002] wyznaczyli współczynnik korelacji dla zależności między aktywnością przeciwrodnikową, a zawartością polifenoli ogółem na poziomie 0,92. Także Liu i in. [2009] wykazali, że o właściwościach antyoksydacyjnych owoców egzotycznych w głównej mierze decydowały związki polifenolowe ($r = 0,91$).

3. Wnioski

- Zawartość związków bioaktywnych oraz aktywność antyoksydacyjna badanych owoców egzotycznych determinowana była ich rodzajem.
- Najwyższą zawartością barwników karotenoidowych charakteryzowały się owoce awokado odmiany Hass.
- Owoce granatu czerwonego wykazywały istotnie wyższą zawartość antocyjanów niż pozostałe badane owoce egzotyczne.
- Owoce awokado odmiany Pinkerton oraz owoce liczi charakteryzowały się istotnie najniższą zawartości witaminy C.
- Istotnie najwyższą zawartość polifenoli ogółem oraz aktywność przeciwrodnikową stwierdzono w owocach granatu czerwonego.
- Aktywność antyoksydacyjna badanych owoców egzotycznych kształtowana była w większym stopniu zawartością antocyjanów i polifenoli ogółem niż pozostałych składników antyoksydacyjnych.

Badania zostały sfinansowane ze środków finansowych przyznawanych wydziałom UMG na działalność badawczą w ramach projektu nr WZNJ/2022/PZ/05

Bibliografia

- Bartosz, G., 2003, *Druga twarz tlenu. Wolne rodniki w przyrodzie*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Dawidowicz, A.L., Olszowy, M., Wianowska, D., 2012, *On practical problems in estimation of antioxidant activity of compounds by DPPH method*, Food Chemistry, vol. 131, pp. 1037-1043.
- Dembitsky, V.M., Gorinstein, S., Leontowicz, H., Leontowicz, M., Poovarodom, S., Trakhtenberg, S., Vearasilp, S., 2011, *The multiple nutrition properties of some exotic fruits: biological activity and active metabolites*, Food Research International, vol. 44, pp. 1671-1701.
- Dmowski, P., Post, L., 2018, *Wpływ krotkości parzenia na właściwości przeciwutleniające naparów Yerba Mate*, Zeszyty Naukowe Akademii Morskiej w Gdyni, vol. 104, pp. 9-18.
- Gryszczyńska, B., Iskra, M., 2008, *Współdziałanie antyoksydantów egzogennych i endogennych w organizmie człowieka*, Nowiny Lekarskie, vol. 77, no. 1, pp. 50-55.
- Guo, Ch., Yang, J., Wei, J., Li, Y., Xu, J., Jiang, Y., 2003, *Antioxidant activities of peel, pulp and seed fractions of common fruits as determined by FRAP assay*, Nutrition Research, vol. 23, pp. 1719-1726.
- Irzyńiec, Z., 1995, *Antocyjany*, w Michałowski, S. (red.), *Technologia chłodnictwa żywności składniki pokarmowe i kontrola ich przemian*, Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, Łódź.
- Janda, K., Kasprzak, M., Wolska, J., 2015, *Witamina C – budowa, właściwości, funkcje i występowanie*, Pomeranian Journal of Life Sciences, vol. 61, no. 4, pp. 419-425.
- Jayaprakasha, G.K., Chidambara Murthy, K.N., Etlinger, M., Mantur, S.M., 2012, *Radical scavenging capacities and inhibition of human prostate (LNCaP) cell proliferation by Fortunella margarita*, Food Chemistry, vol. 131, pp. 184-191.
- Leong, L.P., Shui, G., 2002, *An investigation of antioxidant capacity of fruits in Singapore markets*, Food Chemistry, vol. 76, pp. 69-75.
- Liu, S.Ch., Lin, J.T., Wang, Ch.K., Chen, H.Y., Yang, D.J., 2009, *Antioxidant properties of various solvent extracts from lychee (Litchi chinensis Sonn.) flowers*, Food Chemistry, vol. 114, pp. 577-581.
- Lu, Q.Y., Zhang, Y., Wang, Y., Wang, D., Lee, R.P., Gao, K., Byrns, R., Heber, D., 2009, *California hass Avocado: profiling of carotenoids, tocopherol, fatty acid, and fat content during maturation and from different growing areas*, Journal of Agricultural and Food Chemistry, vol. 57, no. 21, pp. 10408-10413.
- Ochmian, I., Yordanov, A., Mijowska, K., Chelpiński, P., 2016, *Wpływ przechowywania owoców persymony (Diospros Kaki) w warunkach shelf life na wybrane cechy fizyczne i skład chemiczny*, ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość, vol. 104, no. 1, pp. 155-166.
- Park, Y.-S., Im, M.H., Ham, K.-S., Kang, S.-G., Park, Y.-K., Namiesnik, J., Gorinstein, S., 2013, *Nutritional and pharmaceutical properties of bioactive compounds in organic and conventional growing kiwifruit*, Plant Foods for Human Nutrition, no. 68, pp. 57-64.
- Peri, C., Pompei, C., 1971, *An assay of different phenolic fractions in wines*, American Journal of Enology and Viticulture, vol. 22, no. 2, pp. 55-58.
- PN-A-04019:1998, *Produkty spożywcze. Oznaczanie zawartości witaminy C*, Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa.
- Polak, R., Krzykowski, A., Kluza, F., 2009, *Ocena degradacji barwników chlorofilowych i karotenoidowych w liofilizowanych liściach lubczyka ogrodowego*, Chłodnictwo, vol. 44, no. 4, pp. 50-53.

- Puksza, T., 2021, *Jakość zdrowotna bananów*, w Gałkowska, D., Kowalski, S., Zięć, G. (red.), *Zywność XXI wieku od producenta do konsumenta*, Wydawnictwo Naukowe PTTŻ, Kraków.
- Puksza, T., Platta, A., 2017, *Truskawki jako źródło składników bioaktywnych wspomagających profilaktykę chorób nowotworowych*, *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, vol. 50, no. 3, pp. 234-240.
- Puksza, T., Platta, A., 2018, *Stabilność antocyjanów w wybranych mrożonych owocach*, *Chłodnictwo*, vol. 53, no. 6, pp. 16-19.
- Rabelo Vaz Matheus, J., José de Andrade, C., Fontanive Miyahira, R., Cavalcante Fai, A., 2022, *Persimmon (Diospyros Kaki L.): Chemical properties bioactive compounds and potential use in the development of new products – a review*, *Food Reviews International*, vol. 38, no. 4, pp. 384-401.
- Rosicka-Kaczmarek, J., 2004, *Polifenole jako naturalne antyoksydanty w żywności*, *Przegląd Piekarski i Cukierniczy*, vol. 52, no. 6, pp. 12-16.
- Septembre-Malaterre, A., Stanislas, G., Douraguia, E., Gonthier, M.P., 2016, *Evaluation of nutritional and antioxidant properties of the tropical fruits banana, litchi, mango, papaya, passion fruit and pineapple cultivated in Réunion French Island*, *Food Chemistry*, vol. 212, pp. 225-233.
- Singleton, V.L., Rossi, J.A., 1965, *Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents*, *American Journal of Enology and Viticulture*, vol. 16, pp. 144-158.
- Yan-hui, CH., Hui-fang, G., Sa, W., Xian-yan, L., Qing-xia, H., Zai-hai, J., Ran, W., Jin-hui, S., Jiang-li, S., 2022, *Comprehensive evaluation of 20 pomegranate (Punica granatum L.) cultivars in China*, *Journal of Integrative Agriculture*, vol. 21, no. 2, pp. 434-445.
- Zhou, Ch., Zhao, D., Sheng, Y., Tao, J., Yang, Y., 2011, *Carotenoids in fruits of different persimmon cultivars*, *Molecules*, vol. 16, no. 1, pp. 624-636.
- Zych, I., Krzepiło, A., 2010, *Pomiar całkowitej zdolności antyoksydacyjnej wybranych antyoksydantów i naparów metodą redukcji rodnika DPPH*, *Chemia. Dydaktyka. Ekologia. Metrologia*, vol. 15, no. 1, pp. 51-54.

OKSYDACJA TŁUSZCZU MLEKOWEGO

RYSZARD RAFAŁOWSKI¹, JOANNA KLEPACKA¹,
ELŻBIETA TONSKA¹

¹ *Katedra Towaroznawstwa i Badań Żywności, Wydział Nauki o Żywności,
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie,
e-mail: rych@uwm.edu.pl*

Streszczenie

Tłuszcz mlekowy jest jednym z najczęściej konsumowanych tłuszczów zwierzęcych. Za tym przemawia jego ceniony przez konsumentów smak, wysoka strawność (do 99%) oraz skład chemiczny wynikający z obecności m. in. fosfolipidów, tokoferoli i karotenoidów. Jego unikatowy skład kwasów tłuszczowych (KT) wykazuje korzystne działanie na zdrowie człowieka, m.in. przeciwnowotworowe i przeciwdrobnoustrojowe. Natomiast tłuszcz mlekowy, podobnie jak inne tłuszcze naturalne, podczas przechowywania ulega różnym niekorzystnym przemianom określanym jako jęlczenie. W tłuszczu mlekowym przemiany hydrolityczne powodują uwalnianie się kwasów krótkołańcuchowych odpowiedzialnych za charakterystyczny zapach zjełczałego tłuszczu. Utlenianie się lipidów może być wynikiem przemian biochemicznych lub bezpośredniego działania na nie tlenu (powietrza). Na proces utleniania lipidów mleka wpływa cały zespół czynników, które można podzielić na zewnętrzne: tlen powietrza, energia cieplna i świetlna oraz wewnętrzne: skład kwasów tłuszczowych i budowa acylogliceroli oraz zawartość związków o charakterze przeciwutleniającym i proutleniającym. Do składników tłuszczu mlekowego, które mogą dodatnio wpływać na jego stabilność oksydacyjną można zaliczyć α -tokoferol, β -karoten, fosfolipidy. Związki proutleniające występujące w mleku to jony metali o zmiennej wartościowości, głównie miedzi i żelaza.

Słowa kluczowe: oksydacja, stabilność, tłuszcz mlekowy, kwasy tłuszczowe, α -tokoferol, β -karoten, fosfolipidy

Wstęp

Tłuszcze należą do mało stabilnych składników żywności. Podczas przechowywania i przetwarzania ulegają one wielu zmianom fizykochemicznym, wśród których ważną rolę odgrywa utlenianie. Utlenianie powoduje niekorzystne zmiany smakowo-zapachowe oraz obniża wartość odżywczą i jakość zdrowotną produktów spożywczych. Powstające w procesie utleniania nienasyconych kwasów tłuszczowych rodniki, a także wtórne produkty utlenienia, mogą reagować z innymi składnikami żywności. Zaburzenia czynności komórek przez wolne rodniki leżą u podstaw wielu chorób układu krążenia i chorób nowotworowych [Cichosz i in. 2017; Gómez-Cortés i in. 2018; Dolatowska-Żebrowska i in. 2019; Li i in. 2019; Ajmal i in. 2018; Mohan i in. 2021]. Oksydacja tłuszczów stanowi także poważny problem ekonomiczny, gdyż prowadzi do skrócenia okresu przydatności do spożycia produktów zawierających tłuszcze [Lu i in. 2019].

W związku z eliminowaniem z żywności dodatków syntetycznych wzrosło zainteresowanie dodatkiem naturalnych przeciwutleniaczy, a także związkami o charakterze przeciwutleniającym zawartymi w surowcu.

Ważną cechą tłuszczu mlekowego jest jego naturalna odporność na utlenienie zależna od składu chemicznego. Konieczność ochrony żywności przed przemianami oksydacyjnymi wskazuje na potrzebę prowadzenia kompleksowych badań dotyczących podatności tłuszczów na utlenianie w powiązaniu z ich składem chemicznym, a zwłaszcza z zawartością związków, które wpływają na stabilność oksydacyjną tłuszczu.

Jakość tłuszczu mlecznego zależy od wielu czynników natury zewnętrznej (takich jak np. temperatura i czas przechowywania oraz ekspozycja na światło czy stosowane procesy technologiczne) i wewnętrznej (związanych przede wszystkim ze składem tłuszczu). W większości prac dotyczących wpływu tych czynników na stabilność oksydacyjną tłuszczu pozyskanego z mleka autorzy analizują wpływ jedynie wybranych, pojedynczych zmiennych, nie biorąc pod uwagę kompleksowego działania różnych czynników. W związku z tym celem niniejszej pracy stało się holistyczne przedstawienie najważniejszych z nich oraz określenie ich wzajemnych interakcji, dzięki czemu możliwe stanie się takie zarządzanie cyklem życia świeżo

pozyskanego tłuszczu mlecznego, aby w momencie dotarcia do konsumenta jego jakość była możliwie najwyższa.

1. Charakterystyka tłuszczu mlekowego

Tłuszcz występuje w mleku w formie kuleczek otoczonych membraną zwaną otoczką. Otoczki kuleczek tłuszczowych stabilizują emulsję tłuszczu w fazie wodnej oraz stanowią barierę ochronną przed oddziaływaniem na tłuszcz innych składników mleka [Wiking i in. 2022]. Rdzeń kuleczki tłuszczowej stanowią lipidy niepolarne, takie jak triacyloglicerole, estry cholesterolu, estry retinolu. W skład otoczki kuleczki tłuszczowej wchodzi białka, lipidy (fosfolipidy, glikolipidy, triacyloglicerole, di- i monoacyloglicerole, wolne kwasy tłuszczowe, cholesterol), enzymy oraz inne składniki mleka [Jensen 2002; Cichosz i in. 2017]. Tłuszcz mlekowy jest jednym z najbardziej złożonych tłuszczów naturalnych. Reprezentowany jest głównie przez triacyloglicerole, które stanowią 97-98% lipidów mleka. Na pozostałe 2 - 3% składają się mono- i diacyloglicerole, wolne kwasy tłuszczowe, fosfolipidy, sterole, węglowodory, witaminy rozpuszczalne w tłuszczach. Charakterystyczną cechą tłuszczu mlekowego jest wysoki udział nasyconych kwasów tłuszczowych. Kwasy lotne, krótkołańcuchowe (C4:0 – C10:0) stanowią ok. 10%, a wyższe nasycone kwasy tłuszczowe ok. 55% ogólnej ilości kwasów tłuszczowych [Jensen 2002; Cichosz i in. 2017]. W grupie wyższych nasyconych kwasów tłuszczowych dominuje kwas palmitynowy (C16:0), a kolejne miejsca pod względem zawartości zajmują kwas mirystynowy (C14:0) i kwas stearynowy (C18:0) [Cichosz i in. 2017; Gutierrez i in. 2018]. Kwasy polienowe stanowią ok. 3 – 4% ogólnego składu kwasów tłuszczowych. Wśród kwasów dienowych tłuszczu mlekowego znajdują się również kwasy o wiązaniach sprzężonych, oddzielonych tylko jednym wiązaniem pojedynczym. Zawartość tych kwasów mieści się w granicach od ok. 0,2 do ok. 2%, a dominującym kwasem jest kwas linolowy o wiązaniach sprzężonych (*cis9 trans11* C18:2). Zawartość kwasu linolenowego (*cis9, cis12, cis15* C18:3) mieści się w granicach od 0,5 do 0,7%, a udział kwasu arachidonowego (C20:4) wynosi ok. 0,2% [Jensen 2002; Cichosz i in. 2017].

Fosfolipidy mleka zlokalizowane są w otoczkach kuleczek tłuszczowych, gdzie ze względu na swoją budowę spełniają funkcję emulgatora, stanowią one do 1% całości lipidów mleka. Fosfolipidy mleka składają się z 5 podstawowych frakcji: fosfatydylocholiny (35%), fosfatydyloetanolaminy (30%), sfingomieliny (25%), fosfatydyloinizytolu (5%), fosfatydyloseryny (3%). Frakcją zawierającą najwięcej nienasyconych kwasów tłuszczowych jest fosfatydyloetanolamina, która zawiera ich ponad 60% [Deeth 1997; Wiking 2022].

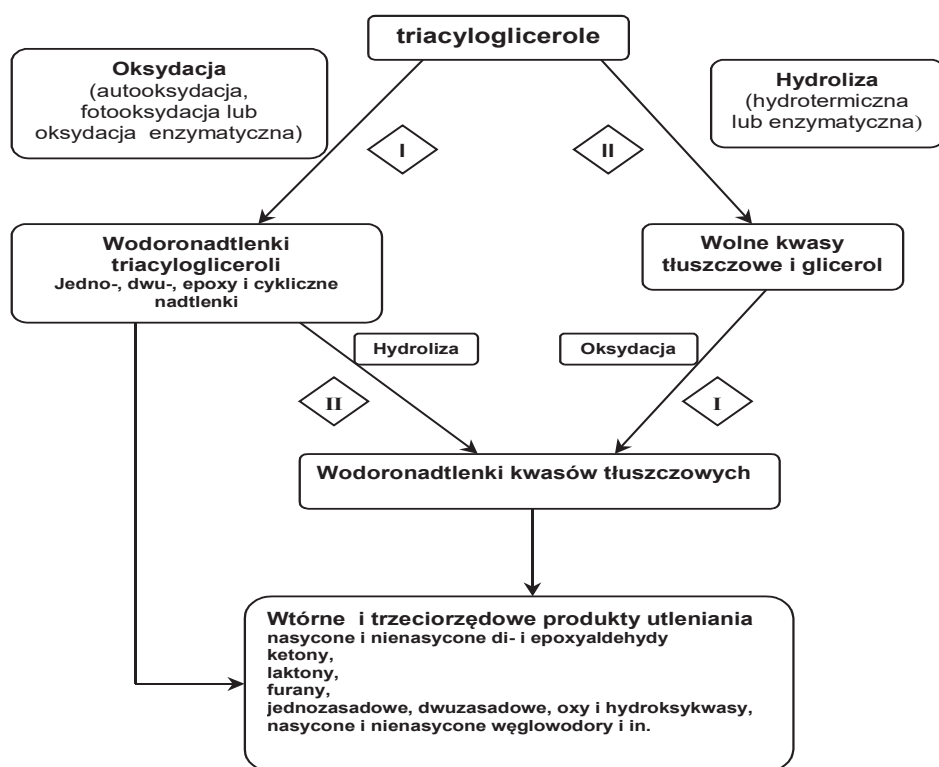
β -karoten jest naturalnym barwnikiem tłuszczu mlekowego, a jego poziom zależy od sposobu żywienia, rasy i cech osobniczych zwierząt i waha się w szerokich granicach od 1,25 do 10 $\mu\text{g/g}$ tłuszczu mleka [Marino i Schadt 2016].

Witamina A powstaje w organizmie zwierzęcym przez enzymatyczny i połączony z utlenianiem rozpad cząsteczki karotenu. W tłuszczu mlekowym witamina A występuje w formie zestryfikowanej z kwasami tłuszczowymi. Według badań Kuncewicz i in. [1997] zawartość witaminy A w tłuszczu masła ekstra wyborowego z okresu żywienia oborowego zawierała się w granicach 739 - 2254 $\text{mg}/100\text{g}$ masła, natomiast z okresu żywienia pastwiskowego wynosiła od 1756 $\mu\text{g}/100\text{g}$ do 2449 $\mu\text{g}/100\text{g}$. W mleku krów występuje głównie α -tokoferol charakteryzujący się największą efektywnością biologiczną. W okresie żywienia pastwiskowego tłuszcz mlekowy zawiera znacznie więcej α -tokoferolu (2330 $\mu\text{g}/100\text{g}$ masła ekstra) niż tłuszcz z okresu oborowego (1440 $\mu\text{g}/100\text{g}$ masła ekstra) [Kuncewicz i in. 1997; Göktürük i in.2002; Mogensen i in. 2012].

Zawartość witaminy D w mleku wykazuje duże wahania sezonowe. Scott i in. [1984] podają, że zawartość witaminy D w okresie lata wynosi 0,033 $\mu\text{g}/100\text{g}$, a zimą 0,026 $\mu\text{g}/100\text{g}$ mleka. Witamina K, pochodna naftochinonu, występuje w mleku w ilości 0,73 $\mu\text{g/g}$ tłuszczu [Jensen 2002]. Wśród nieglicerydowych składników tłuszczu mlekowego występuje także cholesterol, który stanowi od 0,2 do 0,4% całości lipidów. W tłuszczu mlekowym stwierdzono także występowanie śladowych ilościach lanosterolu [Jensen 2002; Dhankhar i in. 2020].

2. Procesy oksydacji tłuszczu mlekowego

Tłuszcz mlekowy, podobnie jak inne tłuszcze naturalne, podczas przechowywania ulega różnym przemianom określanym jako jełczenie. Główne procesy jakie zachodzą podczas jełczenia tłuszczów to hydroliza i utlenianie (rys.1) [Suwarat i Tungjaroenchai 2013; Khan i in. 2019; Lu i in. 2019].



Rys.1. Schemat zmian oksydacyjnych (I) i hydrolitycznych (II) triacylogliceroli

[Opracowanie własne na podstawie Robards i in. 1988]

Równoległe z procesem autooksydacji może zachodzić proces fotooksydacji. Fotooksydacja zachodzi pod wpływem światła przy udziale sensybilizatora (chlorofile, barwniki hemowe, ryboflawina) [Skibsted 2000; Panda i Kaur 2007; Wold i in. 2015].

Cząsteczka sensybilizatora po zaabsorbowaniu kwantu światła przechodzi w stan wzbudzony tripletowy. Wzbudzone cząsteczki sensybilizatora przekazując energię do tripletowej cząsteczki tlenu przekształcają go w reaktywny tlen singletowy ($^1\text{O}_2$) [Skibsted 2000]. Przypuszcza się, że fotooksydacja może inicjować autooksydację. Powstałe w wyniku fotoutleniania wodoronadtlenki rozpadając się tworzą rodniki, które mogą zapoczątkować reakcję łańcuchową autooksydacji. Fotosensylibizowana oksydacja jest dużo szybsza niż autooksydacja [Skibsted 2000; Wold i in. 2015]. Stosunek szybkości utleniania kwasu oleinowego, linolowego i linolenowego przez tlen w stanie podstawowym i singletowym przedstawiono w tab. 1.

Tabela 1. Stosunek szybkości utleniania nienasyconych kwasów tłuszczowych przez tlen w stanie podstawowym i singletowym

	Kwas oleinowy C18:1	Kwas linolowy C18:2	Kwas linolenowy C18:3
Tlen w stanie podstawowym [$^3\text{O}_2$]	1	27	77
Tlen singletowy [$^1\text{O}_2$]	3×10^4	4×10^4	7×10^4

[opracowanie własne na podstawie Min 1998]

Powstające w procesie utleniania wodoronadtlenki są bardzo nietrwałe i mogą ulegać wielokierunkowym przemianom, stając się źródłem różnorodnych produktów wtórnych. Wśród produktów oksydacji tłuszczów zostało zidentyfikowanych wiele związków, takich jak węglowodory, aldehydy, metyloketony, alkohole, estry, furany, laktony itp. Wśród związków wydzielonych z utlenionego tłuszczu mlekowego zdecydowanie przeważają lotne alkanale, alkenale i alkadienale oraz ketony nasycone i nienasycone. Lotne produkty przemian wodoronadtlenków są odpowiedzialne za charakterystyczny zapach zjełczałego tłuszczu [Min 1998; Wold i in. 2015; Pedrotti i in 2018; Clarke i in 2019; Li i in 2019].

2.1. Czynniki wpływające na procesy oksydacji tłuszczu mlekowego

Na proces utleniania lipidów wpływa cały zespół czynników, które można podzielić na zewnętrzne: tlen powietrza, energia cieplna i świetlna oraz wewnętrzne: skład kwasów tłuszczowych i budowa acylogliceroli oraz zawartość związków o charakterze przeciwutleniającym i proutleniającym [Gutierrez i in. 2012; Pupel i in. 2013; Roufegarinejad i in. 2013; Siwach i in. 2018; Khan i in. 2019].

2.1.1 Czynniki zewnętrzne

Szybkość utleniania tłuszczu zależy od dostępu tlenu [Keogh i Higgins 1986; Gutierrez i in. 2012; Siwach i in. 2018; Khan i in. 2019]. Utlenianie następuje tym szybciej, im większa powierzchnia tłuszczu jest narażona na kontakt z tlenem. Szybkość utlenienia zależy od szybkości dyfuzji tlenu w substracie, a więc od właściwości fizycznych tłuszczu. Badania Keogha i Higginsa [1986] wykazały, że szybkość oksydacji bezwodnego tłuszczu mlekowego przechowywanego w temp. 25°C była ściśle powiązana z zawartością tlenu rozpuszczonego w tłuszczu.

Promienie świetlne, szczególnie światło ultrafioletowe, znacznie przyspieszają reakcję utleniania lipidów. Światło, w obecności sensybilizatora, może katalizować tworzenie się tlenu singletowego z normalnego tlenu tripletowego. Utlenianie bezwodnego tłuszczu mlekowego pod działaniem światła przyspieszają śladowe ilości ryboflawiny lub związków hemowych [Wold 2015].

Duży wpływ na szybkość utleniania tłuszczu ma temperatura. Z podwyższeniem temperatury szybkość utleniania wzrasta, a okres indukcji ulega skróceniu. Obniża się także maksymalna zawartość wodoronadtlenków, gdyż zwiększa się szybkość ich rozpadu. Badając wpływ temperatury w zakresie od 20°C do 30°C w ciągu 12 tygodni stwierdzono ścisłą zależność między temperaturą, a stopniem utlenienia tłuszczu. Jednocześnie stwierdzono, że proces autooksydacji może zachodzić także w niskich temperaturach, np. kwas linolowy może ulegać utlenieniu nawet w temp. – 20°C, lecz proces ten jest bardzo powolny [Pop 2010; Baéz i in. 2012; Pop i Boltea 2014; Lu i in. 2019].

2.2. Czynniki wewnętrzne

2.2.1. Skład kwasów tłuszczowych i budowa acylogliceroli

Proces utleniania w dużym stopniu zależy od składu kwasów tłuszczowych i od ich rozmieszczenia w cząsteczkach triacylogliceroli. Liczba, pozycja i konfiguracja podwójnych wiązań w kwasach nienasyconych wywiera wpływ na szybkość autooksydacji. Szybkość reakcji rośnie wraz ze stopniem nienasyconienia. Kwas linolowy utlenia się 10 - 40-krotnie szybciej niż kwas oleinowy, a linolenowy 2 - 4-krotnie szybciej niż linolowy. Polienowe kwasy tłuszczowe rodziny *n*-3 są bardziej podatne na utlenianie niż kwasy rodziny *n*-6 [Adachi i in. 1995]. Kwasy nienasycone o podwójnych wiązaniach sprzężonych utleniają się łatwiej niż kwasy o wiązaniach izolowanych. Kwasy nienasycone *trans* są mniej reaktywne niż kwasy nienasycone *cis* [Collomb i Spahni 1996].

Wolne kwasy tłuszczowe szybciej się utleniają niż kwasy tłuszczowe wbudowane w cząsteczki acylogliceroli [Guillén i Cabo 1997], a więc obecność powstałych podczas hydrolizy wolnych kwasów przyspiesza proces jełczenia oksydacyjnego. Na proces utleniania wpływa również położenie kwasów w cząsteczkach acylogliceroli. Nienasycone kwasy tłuszczowe w pozycji *sn*-2 są mniej podatne na utlenianie niż kwasy nienasycone w pozycjach zewnętrznych *sn*-1 i *sn*-2 [Frankel i Meyer 2000].

2.2.2. Związki o właściwościach przeciwutleniających w tłuszczu mlekowym

Stabilność oksydacyjną tłuszczu mlekowego zwiększa obecność w nim naturalnych związków przeciwutleniających [Butler i in. 2008, Adler i in. 2013, Gutierrez i in. 2018, Tzima i in. 2021]. W produktach spożywczych działanie związków hamujących procesy utleniania tłuszczów jest bardzo złożone. Klasyfikację inhibitorów procesów utleniania lipidów zaproponowaną przez Pokornego [1991] przedstawiono w tab. 2.

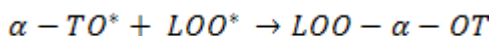
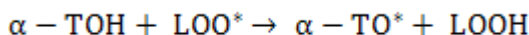
Tabela 2. Klasyfikacja inhibitorów utleniania lipidów

przeciwutleniacze	reagują z wolnymi rodnikami przerywając fazę propagacji reakcji łańcuchowej
opóźniacze	redukują wodoronadtlenki bez tworzenia wolnych rodników
synergenty	zwiększają aktywność przeciwutleniaczy
„zmiatacze metali”	hamują zdolność metali ciężkich do katalizowania procesu wytwarzania wolnych rodników;
wygaszacze tlenu singletowego”	dezaktywują tlen cząsteczkowy, który może zapoczątkować wolnorodnikową reakcję łańcuchową

[Opracowanie własne na podstawie Pokorny 1991]

Do składników tłuszczu mlekowego, które mogą dodatnio wpływać na stabilność tłuszczu mlekowego można zaliczyć: α -tokoferol, β -karoten, fosfolipidy oraz skwalen [Pumpel i in. 2013; Zhao i in. 2013; Gutierrez i in. 2018; Liang i in. 2018].

Jednymi z najbardziej znanych przeciwutleniaczy są tokoferole, które często wykorzystywane są w praktyce przemysłowej do stabilizacji oksydacyjnej tłuszczów i innych artykułów żywnościowych zawierających lipidy [Panda i Kaur 2007; Butler i in. 2008; Adler i in. 2013; Marino i Schadt 2016,]. Tokoferole pełnią również bardzo ważną funkcję biologiczną unieczynnając wolne rodniki w błonach komórkowych. Stwierdzono, że jedna cząsteczka α -tokoferolu przypadająca na 2000 cząsteczek fosfolipidów chroni efektywnie błony komórkowe przed uszkodzeniem oksydacyjnym [Bramley i in. 2000]. Poszczególne izomery tokoferoli różnią się efektywnością przeciwutleniającą. Najskuteczniejsze działanie jako przeciwutleniacze wykazują γ - i δ -tokoferole, podczas gdy izomer α charakteryzuje się największą aktywnością witaminową [Marino i Schadt 2016]. Tokoferole są skutecznymi inhibitorami etapu propagacji utleniania lipidów. Mechanizm działania α -tokoferolu polega na inaktywacji nadtlenków przez przyłączenie wodoru tokoferolu do wolnych rodników kwasu tłuszczowego, w wyniku czego łańcuch reakcji zostaje przerwany. Każda cząsteczka α -tokoferolu (α -TOH) może reagować z dwoma rodnikami nadtlenkowymi (LOO^*) [Granelli i in. 1998] według następującego mechanizmu:

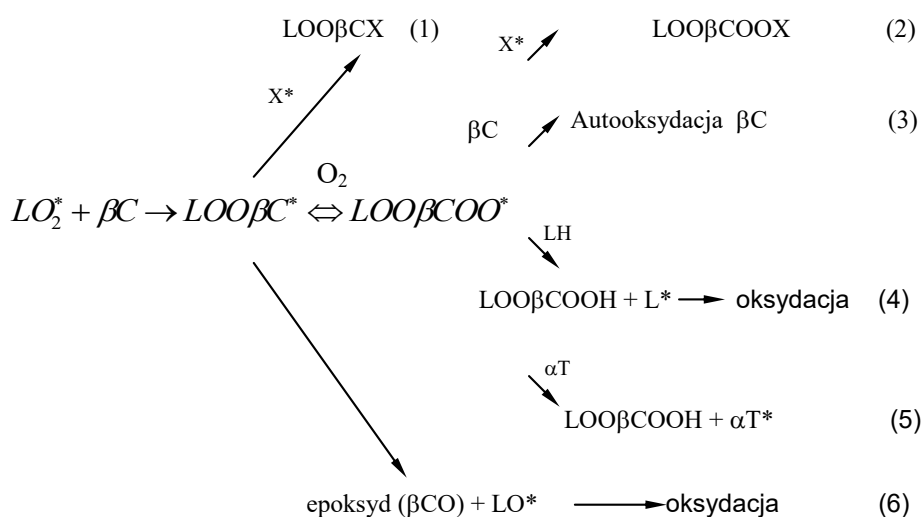


Tokoferole wygaszają również tlen w formie singletowej [Granelli i in. 1998]. Stałe szybkości reakcji tokoferoli z tlenem singletowym maleją w następującej kolejności α - > γ - > δ - > β -tokoferol. Obliczono, że jedna cząsteczka α -tokoferolu może wygasić 40 cząsteczek tlenu singletowego [Granelli i in. 1998].

Aktywność przeciwutleniająca tokoferoli zależy od substratu, do którego zostały dodane, od stężenia, dostępu tlenu, obecności metali ciężkich i od obecności synergentów [Keogh i Higgins 1986; Wade i in. 1986; Clarck i in. 1990; Hamzawi 1990]. Clark i in. [1990] oceniali wpływ dodatku mieszaniny tokoferoli do olejów roślinnych i tłuszczów zwierzęcych, w tym tłuszczu mlekowego. Autorzy stwierdzili, że dodatki na poziomie do 400 ppm powodowały znaczne zwiększenie stabilności oksydacyjnej tłuszczu mlekowego, natomiast przy wyższych dodatkach efekt ich działania był już bardzo niewielki. Nie stwierdzono jednak działania prooksydacyjnego, nawet gdy dodatek tokoferoli wynosił 2000 ppm. Natomiast z pracy Wade i in. [1986] wynika, że DL- α -tokoferol dodany w ilości 100 ppm do bezwodnego tłuszczu mlekowego zachowywał się jak prooksydant. Działanie to było bardziej wyraźne przy dodatku w ilości 200 ppm. Keogh i Higgins [1986] stwierdzili, że α -tokoferol dodawany w ilościach do 100 ppm do bezwodnego tłuszczu mlekowego wykazywał działanie przeciwutleniające, natomiast powyżej 200 ppm zachowywał się jako prooksydant. Wpływ dodatków α -tokoferolu w zakresie od 2,5 do 10 mg/100 g tłuszczu na tempo oksydacji tłuszczu mlekowego oceniał Hamzawi [1990]. Oceniał on stabilność tłuszczu na podstawie wyników testu TBA i wykazał, że dodatki α -tokoferolu obniżały wartość testu TBA i wydłużały okres indukcyjny.

Prowadzono również badania dotyczące wpływu suplementacji witaminą E diety krów na stabilność oksydacyjną mleka [Panda i Kaur 2007; Mogensten i in. 2012; Puppel i in. 2013; Zhao i in. 2013]. Badania Puppel i in. [2013] wykazały, że dodatek mieszaniny oleju lnianego i rybnego bogatej w α -tokoferol do diety zawierającej paszę przyczynił się do poprawy zdolności antyoksydacyjnych mleka. Zhao i in. [2013] stwierdzili, że wzrost zawartości witaminy E w mleku był wystarczający, ażeby zapobiec oksydacji tłuszczu mleka od krów żywionych dietą zawierającą olej rzepakowy i olej lniany [Zhao i in. 2013].

Ważną grupą związków o właściwościach przeciwutleniających są również karotenoidy. Mechanizm przeciwutleniającego działania β -karotenu jest inny niż α -tokoferolu. β -karoten nie ma aktywnego wodoru (nie oddaje rodnikom atomu wodoru), lecz przyłączając rodniki nadtlenkowe tworzy z nimi stabilne rezonansowe, polienowe rodniki o wiązaniach sprzężonych. Potencjał przeciwutleniający β -karotenu jest o wiele słabszy niż α -tokoferolu [Tsuchihashi i in. 1995; Mogensen i in 2012]. Prawdopodobny sposób działania β -karotenu w tłuszczu przedstawiono na rys. 2:



Rys. 2. Proponowane ścieżki reakcji β -karotenu podczas autooksydacji lipidów

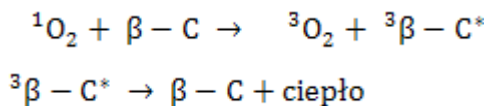
[Opracowanie własne na podstawie Tsuchihashi i in. 1995]

Jak wynika ze schematu (rys. 2), rodnik nadtlenkowy (LO_2^*) ulega przyłączeniu do β -karotenu i powstaje stabilny rodnik β -karotenowy ($\text{LOO}\beta\text{C}^*$), który może brać udział w różnych reakcjach:

- reagować z innym rodnikiem X^* tworząc stabilny produkt (1);
- reagować z tlenem tworząc rodnik nadtlenkowy β -karotenu ($\text{LOO}\beta\text{COO}^*$), który może: wchodzić w reakcję z innym rodnikiem tworząc stabilny produkt (2), atakować drugą cząsteczkę β -karotenu indukując autooksydację β -karotenu (3),

- atakować substrat taki jak lipid (LH) generując rodnik lipidowy (L*) i indukując reakcję oksydacji łańcuchowej (4), może być wychwytywany przez α -tokoferol (5);
- ponadto rodnik β -karotenowy (LOO β C*) może ulegać β -eliminacji dając epoksyd i rodnik alkoksylowy (LO*), który może kontynuować oksydację (6).

β -karoten działa również jako bardzo silny „wygaszacz” tlenu singletowego. Jak podaje Granelli i in. [1998] jedna cząsteczka β -karotenu jest w stanie wygasić aż 250 cząsteczek tlenu singletowego, co obrazuje poniższy mechanizm:



Aktywność β -karotenu zależy od warunków oksydacji, ciśnienia tlenu i obecności innych przeciwutleniaczy [Tsuchihashi i in. 1995; Yanishlieva i in. 1998]. Badania przeprowadzone przez Warnera i Frankela [1987] wykazały, że dodatek β -karotenu w ilości 5 - 20 ppm do oleju sojowego znacznie zmniejszał szybkość utleniania tego oleju. Połączenie β -karotenu z α -tokoferolem hamowało proces utleniania o wiele bardziej niż sam α -tokoferol. Tsuchihashi i in. [1995] podkreślają, że β -karoten w pewnych warunkach nie wykazuje działania przeciwutleniającego. Im wyższe stężenie tlenu, tym łatwiej β -karoten utlenia się do nadtlennokowych rodników β -karotenowych, które powodują, że β -karoten jest mniej efektywnym przeciwutleniaczem.

Spośród węglowodorów występujących w tłuszczu mlekowym potencjalnym przeciwutleniaczem jest także skwalen. Skwalen jest węglowodorem poliizoprenoidowym zawierającym 6 wiązań nienasyconych o konfiguracji *trans*. Chociaż jego zawartość w tłuszczu mlekowym oceniana jest tylko na 0,007%, jest on dominującym węglowodorem tłuszczu mlekowego i stanowi od 25 do 30% ogólnej ilości węglowodorów [Jensen 2002; Dhankhar i in. 2020].

Do lipidów mleka wywierających wpływ na stabilność oksydacyjną należą również fosfolipidy. Mechanizm działania przeciwutleniającego fosfolipidów nie jest jeszcze dokładnie znany. Sądzi się, że hamowanie procesu utleniania tłuszczu może następować w wyniku (tab.3):

Tab. 3. Hamowanie procesu utleniania tłuszczu

1	rozkład fosfolipidów do kwasów fosfatydowych i ich reakcji z grupami α -metylenowymi kwasów tłuszczowych;
2	reakcji grup aminowych fosfolipidów z aldehydami powstałymi w wyniku autooksydacji tłuszczów;
3	inaktywacji jonów metali przez fosfolipidy i tworzeniu z nimi związków chelatowych;
4	synergistycznego wpływu fosfolipidów na α -tokoferol

[źródło, Pokorny 1999]

Z badań Zmarlickiego [1976] wynika, że bezwodny tłuszcz mlekowy otrzymany metodą wytopu w temperaturze 120°C zawierający 146,7 mg% fosfolipidów jest dwukrotnie bardziej stabilny od bezwodnego tłuszczu mlekowego, otrzymanego metodą wirówkową, zawierającego jedynie śladowe ilości fosfolipidów. Według Zmarlickiego [1976] udział fosfolipidów w reakcjach brązowienia w bezwodnym tłuszczu mlekowym jest niezbędnym warunkiem powstawania melanoidów o działaniu antyoksydacyjnym. Produkty te powstają w wyniku reakcji fosfolipidów (kefaliny) ze składnikami tłuszczu zawierającymi grupy karbonylowe.

Właściwości przeciwutleniające wykazują zwłaszcza kefalina i fosfatydyloinozytol [Chen i Nawar 1991]. Kaur i in.[1982] podają, że kefalina, wyizolowana z oleju słonecznikowego, dodana do tłuszczu mlekowego wykazywała silniejsze działanie przeciwutleniające niż niektóre przeciwutleniacze syntetyczne, np. galusan propylu czy BHT. Fosfolipidy mogą hamować lub przyspieszać oksydację tłuszczu mlekowego zależnie od warunków. Chen i Nawar [1991] badali wpływ fosfolipidów zawierających tylko nasycone kwasy tłuszczowe na oksydację tłuszczu mlekowego w różnych warunkach. Autorzy stwierdzili, że dipalmitylofosfatydyloetanolamina hamowała silnie oksydację bezwodnego tłuszczu mlekowego, mniej efektywna była dipalmitylofosfatydylocholina. Natomiast w środowisku wodnym obserwowano zjawisko odwrotne. Dipalmitylofosfatydyloetanolamina przyspieszała oksydację tłuszczu. Autorzy sugerują, że wolna grupa aminowa może być odpowiedzialna za hamujące działanie dipalmitylofosfatydyloetanolaminy w środowisku bezwodnym. Wpływ grupy aminowej na właściwości przeciwutleniające fosfolipidów potwierdziły badania Saito i Ishihara [1997]. Autorzy ci stwierdzili, że cholina

i etanoloamina silnie hamowały wzrost nadtlenków w czasie przechowywania oleju z sardynek. Dodatni wpływ na aktywność przeciwutleniającą grupy aminowej wywiera wewnątrzcząsteczkowa grupa hydroksylowa.

Hamzawi [1990] prowadził badania nad wpływem fosfolipidów, stosowanych w różnych stężeniach, na oksydację tłuszczu mlekowego. Wyższą stabilnością oksydacyjną charakteryzowały się próbki zawierające wyższe stężenie fosfolipidów. Autor stwierdził, że dodatek fosfolipidów do tłuszczu mlekowego powodował zwiększenie właściwości przeciwutleniających α -tokoferolu.

W badaniach Huanga i in [2020] fosfolipidy mleka wykazywały znaczącą aktywność antyoksydacyjną *in vitro*, natomiast ich komórkowa aktywność antyoksydacyjna była bardzo ograniczona.

Omawiając składniki tłuszczu mlekowego, które mogą wywierać dodatni wpływ na stabilność tłuszczu mlekowego, nie można pominąć izomerów kwasu linolowego o sprzężonym układzie wiązań podwójnych. Związki te mają właściwości antymutagenne, antykancerogenne, przeciwmiażdżycowe oraz przeciwutleniające [Cichosz i in. 2017; Ajmal i in. 2018; Gómez-Cortés in. 2018]. Najbardziej aktywnym biologicznie jest izomer *cis*9, *trans*11 C18:2, który jest dominującym składnikiem sprzężonych dienów tłuszczu mlekowego. Jak podaje Cichosz i in. [2017] aktywność przeciwutleniająca kwasu *cis*9, *trans*11 C18:2 porównywalna jest z aktywnością BHA.

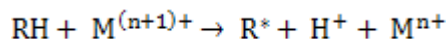
2.2.3. Związki o właściwościach proutleniających w tłuszczu mlekowym

Do związków proutleniających występujących w mleku należą jony metali o zmiennej wartościowości, głównie miedzi i żelaza. Jony miedzi i żelaza są rodzinnymi składnikami mleka, ale mogą występować również jako zanieczyszczenia. Mleko może ulec zanieczyszczeniu tymi jonami podczas udoju, w czasie transportu i podczas procesów technologicznych. Zawartość miedzi naturalnie występującej w mleku wynosi od 0,02 do 0,04 mg/kg, zaś pochodzącej z zanieczyszczeń oceniana jest na 0,02-0,5 mg/kg. Zarówno miedź naturalnie występująca w mleku, jak i pochodząca z zanieczyszczeń odgrywa zasadniczą rolę w procesach utleniania tłuszczu

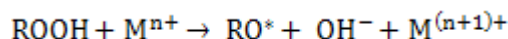
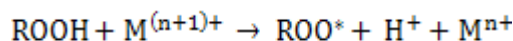
w mleku [Mesheref i in. 2014; Gutierrez i in. 2018]. Wykazano, że miedź pochodząca z zanieczyszczeń jest bardziej aktywnym katalizatorem niż miedź naturalna. Jest ona szczególnie aktywnym katalizatorem utlenienia triacylogliceroli w obecności białek i fosfolipidów. Uważana jest również za przyczynę utlenionego smaku i zapachu mleka [Gutierrez i in. 2018]. Ważnym składnikiem wpływającym na stabilność tłuszczu mlekowego jest też żelazo. Jego naturalna zawartość w mleku mieści się w zakresie od 0,20 do 0,25 mg/kg [Mesheref i in. 2014]. Zawartość żelaza w mleku zależy w dużym stopniu od cech osobniczych krów i od okresu laktacji, a szczególnie bogate w ten pierwiastek są pierwsze partie siary, w których występuje on na poziomie ponad 2 mg/kg. W ciągu kilku dni zawartość żelaza ulega obniżeniu do normalnego poziomu. Stwierdzono, że 20 - 50% naturalnie występującego w mleku żelaza związana jest z otoczkami kuleczek tłuszczowych. Pierwiastek ten jest nieaktywny w obecności białek, natomiast odgrywa rolę w utlenianiu wydzielonego tłuszczu mlekowego [Meshref i in. 2014].

Jony metali o zmiennej wartościowości mogą działać prooksydacyjnie w różny sposób [Paz i Molero 2000]:

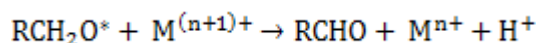
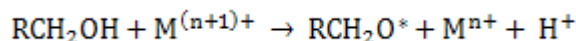
- mogą bezpośrednio reagować z tłuszczem, generując wolne rodniki, co obrazuje poniższy mechanizm:



- mogą rozkładać wodoronadtlenki powstałe w procesie autooksydacji wg następujących reakcji:



- mogą również reagować z drugorzędowymi produktami autooksydacji, takimi jak alkohole lub aldehydy, co charakteryzują następujące reakcje:



Miedź jest bardziej aktywnym katalizatorem procesów utleniania niż żelazo, a jony miedzi (I) są silniejszymi prooksydantami niż jony miedzi (II), ponieważ katalizują szybszą reakcję redukcyjnego rozpadu wodoronadtlenków [Paz i Molero 2000]. Wpływ różnych stężeń miedzi (od 1,94 do 1940 ppm) i żelaza (od 1,79 do 1790 ppm) na zmiany oksydacyjne tłuszczu mlekowego podczas jego przechowywania w temp. – 4°C bez dostępu tlenu badał Merzametov i in. [1974]. Wykazali oni, że zawartość pierwotnych i wtórnych produktów utlenienia zależy od czasu przechowywania oraz stężenia miedzi i żelaza w tłuszczu. Zmiany wskaźników stopnia utlenienia tłuszczu przebiegały nierównomiernie w czasie. Najsilniejsze zmiany w przypadku dużych stężeń miedzi i żelaza miały miejsce w okresie do 15 dnia przechowywania.

Interesujące badania odnośnie wpływu dodatku miedzi i żelaza do tłuszczu mlekowego i jego frakcji, na powstawanie wtórnych produktów utleniania przeprowadzili Vijayender Rao i Rama Murthy [1987]. Autorzy wykazali, że szybkość tworzenia się zarówno nadtlenków, jak i związków karbonylowych była wyższa przy zastosowaniu dodatku miedzi w porównaniu z takim samym dodatkiem żelaza. Obecność miedzi w tłuszczu nie tylko przyspieszała tworzenie się monokarbonyli w wyniku rozkładu wodoronadtlenków, lecz również wpływała na rodzaj tworzących się związków karbonylowych.

Surendra Nath i Rama Murthy [1984] oceniali wpływ dodatku miedzi (4 ppm) na przeciwutleniające właściwości α -tokoferolu, β -karotenu i BHT w stosunku do triacylogliceroli wydzielonych z bawolego tłuszczu mlekowego. Stwierdzono, że w obecności śladowych ilości miedzi aktywność przeciwutleniająca α -tokoferolu obniżała się drastycznie. β -karoten zachowywał się jako prooksydant, co autorzy tłumaczą utlenianiem β -karotenu i powstawaniem związków o właściwościach prooksydacyjnych. Natomiast nie stwierdzono widocznego wpływu miedzi na działanie BHT.

Wpływ dodatku miedzi na utlenianie śmietanki w temp. 50°C oceniali Chen i Nawar [1991]. Dodatek 30 ppm miedzi znacznie przyspieszał proces utleniania. W przypadku usunięcia ze śmietanki materiału otoczkowego absorpcja tlenu była mniejsza. Proutleniający wpływ otoczek kuleczek tłuszczowych wynikał

prawdopodobnie z obecności fosfolipidów. Dodana do śmietanki miedź szybko inicjowała utlenianie polienowych kwasów tłuszczowych fosfolipidów otoczki.

W badaniach Roufegarinejad i in. [2013] wykazano wpływ procesu technologicznego produkcji masła ze śmietanki oraz poziomu miedzi i żelaza na stabilność tłuszczu masła. Okazało się, że masło wyprodukowane z kwaśnej śmietanki zawierało więcej miedzi (0,19 ppm) i było bardziej odporne na utlenianie (czas indukcji oznaczany w Rancimacie wynosił 7,75h), niż masło wyprodukowane ze słodkiej śmietanki, w którym zawartość miedzi wynosiła 0,06 ppm, a czas indukcji wynosił 4,68h. Autorzy ci nie zauważyli natomiast wpływu żelaza na stabilność oksydacyjną, ponieważ jego poziom nie wykazywał związku z zastosowanym procesem technologicznym. W maśle uzyskanym z ukwaszonej śmietanki poziom żelaza wynosił 0,40 ppm i w podobnej ilości występował on również w maśle wytworzonym ze słodkiej śmietanki (0,38ppm).

Gutierrez i in. [2018] prowadząc badania nad utlenianiem tłuszczu mleka zbadali wpływ siarczynu miedzi stosowanego w ilości 0,5 1,0 mg/kg oraz światła (o mocy 2300 Lux). Wykazali oni, że światło miało większy wpływ na obniżenie całkowitej pojemności oksydacyjnej, jednak siarczyn miedzi w obecności światła istotnie zwiększał powstawanie produktów utleniania lipidów takich jak: heksanal, heptanal, nonanal i t-2-octenal. Wyniki badań wskazują że obecność prooksydantów istotnie zmniejszyła całkowitą pojemność antyoksydacyjną mleka

3. Podsumowanie

Produkty mleczarskie zawierające tłuszcz mlekowy są wysoce podatne na zepsucie. Tłuszcz ten występuje w różnej postaci chroniony przez otoczkę kuleczki tłuszczowej obecny jest jako składnik płynów: mleka, śmietanki, jogurtu, ale może występować też w formie bardziej narażonej na działanie czynników oksydacyjnych, np. w maśle, serze czy też jako bezwodny tłuszcz mlekowy. Podczas przetwarzania i przechowywania ulega on wielu zmianom fizykochemicznym, wśród których ważną rolę odgrywa oksydacja. Powstające w procesie utleniania nienasyconych kwasów tłuszczowych wolne rodniki, a także wtórne produkty utlenienia,

mogą reagować z innymi składnikami żywności. Oksydacja powoduje niekorzystne zmiany smakowo-zapachowe oraz obniża wartość odżywczą i jakość zdrowotną produktów spożywczych. Ważną cechą tłuszczu mlekowego jest jego naturalna odporność na utlenienie zależna od składu chemicznego. Konieczność ochrony żywności przed przemianami oksydacyjnymi wskazuje na potrzebę prowadzenia kompleksowych badań dotyczących podatności tłuszczów na utlenianie w powiązaniu z ich składem chemicznym, a zwłaszcza z zawartością związków, które wpływają na stabilność oksydacyjną tłuszczu. Tłuszcz mlekowy ze względu na swój niepowtarzalny charakter jest bardzo ceniony przez konsumentów, a jego wysoka cena zmusza producentów do należytej opieki nad tym wrażliwym składnikiem produktów mleczarskich. Naukowcy na całym świecie zajmują się fenomenem utleniania tłuszczu mlekowego. Wcześniejsze badania nad jego utlenianiem bywały zazwyczaj jednoczynnikowe a uzyskane wyniki były łatwiejsze do interpretacji. Okazuje się że badania nad autooksydacją ograniczone tylko do jednej zmiennej nie są miarodajne, ponieważ na wynik wpływają również interakcje lipidów z pozostałymi składnikami produktów mleczarskich, a także powstającymi produktami utlenienia. Prowadzone aktualnie badania naukowe dowodzą o złożoności procesów utleniania tłuszczu mlekowego. Do warsztatu analitycznego dochodzą coraz nowsze metody oraz rozwiązania z wykorzystaniem nowoczesnych urządzeń laboratoryjnych, takich jak np. chromatografia gazowa, cieczowa z detekcją masową, urządzenia działające w bliskiej podczerwieni itp. Nowoczesny sprzęt generuje coraz więcej danych analitycznych na podstawie których łatwiej można wysuwać wnioski. Obecnie naukowcy coraz śmielej wykorzystują techniki chemometrii, takie jak wielowymiarowa analiza wariancji, analiza składowych głównych, analiza czynnikowa dyskryminacyjna i inne. Wykorzystanie metabazy i jej statystyczne wnioskowanie na pewno przyczyni się do lepszego wyjaśnienia zasad rządzących oksydacją lipidów mleka, które są pomimo licznych badań nie do końca wyjaśnione.

Literatura

- Adachi S., Ishiguro T., Matsuno R., 1995, *Autoxidation kinetics for fatty acids and their esters*, J. Amer. Oil Chem. Soc., 72, (5), 547-551.
- Adler S.A., Dahl A.V., Jensen S.K., Thuen E., Gustavsson A. M., Steinshamn H., 2013, *Fatty acid composition, fat-soluble vitamin concentrations and oxidative stability in bovine milk produced on two pastures with different botanical composition*, Livestock Science, 154, 93–102
- Ajmal M., Nadeem M., Imran M., Junaid M., 2018, *Lipid compositional changes and oxidation status of ultra-high temperature treated Milk*, Lipids in Health and Disease (2018) 17, 227.
- Baéz R., Rojas G., Sandoval-Guillén J., Valdivia-López M. A. Á., 2012, *Effect of Storage Temperature on the Chemical Stability of Enterol Formula*, Advance Journal of Food Science and Technology, Vol. 4 (5): 235-242.
- Bramley P.M., Elmadfa I., Kafatos A., Kelly F.J., Manios Y., Roxbrough H.E., Schuch W., Sheehy P.J.A., Wagner K-H., 2000, *Review. Vitamin E. J. Sci. Food Agr.*, Vol. 80. 913-938.
- Butler G., Nielsen J. H. , Slots T., Seal Ch., Eyre M. D., R. Sanderson, C. Leifert, 2008, *Fatty acid and fat-soluble antioxidant concentrations in milk from high- and low-input conventional and organic systems: seasonal variation*, J Sci Food Agric, Vol. 88, 1431–1441.
- Chen Z. Y., Nawar W.W., 1991, *Prooxidative and antioxidative effects of phospholipids on milk fat*. J. Amer. Oil Chem. Soc., Vol 68, (12), 938-940.
- Cichosz G., Czacot H., Ambroziak A., Bielecka M.M., 2017, *Natural antioxidants in milk and dairy products*, International Journal of Dairy Technology, Vol. 70. 2.
- Clark J.P., Hunsicker J.C., Megremis C.J., 1990, *Tocopherols: nature's antioxidant*. Food Aust., Vol. 42 (5), 262-263.
- Clarke H.J., Mannion D. T., O'Sullivan M. G., Kerry J. P., Kilcawley K. N., 2019, *Development of a headspace solid-phase microextraction gas chromatography mass spectrometry method for the quantification of volatiles associated with lipid oxidation in whole milk powder using response surface methodology*, Food Chemistry, Vol. 292, 75–80.
- Collomb M., Spahn M., 1996, *Revue des méthodes de dosage des produits d'oxydation des lipides principalement des lipides des produits laitiers*. Milchw. Forschung., Vol. 25, (1/2). 3-24.
- Deeth H.C., 1997, *The role of phospholipids in the stability of milk fat globules*. Aust. J. Dairy Technol., Vol. 52, (4), 44-46.
- Dhankhar J., Sharma R., Indumathi K.P., 2020, *A comparative study of sterols in milk fat of different Indian dairy animals based on chemometric analysis*, 2020, Journal of Food Measurement and Characterization, Vol. 14, 2538–2548.
- Dolatowska-Żebrowska K., Ostrowska-Ligęza E., Wirkowska-Wojdyła M., Bryś J., Górska A., 2019, *Characterization of thermal properties of goat milk fat and goat milk chocolate by using DSC, PDSC and TGA methods*, Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, Vol. 138, 2769–2779.
- Frankel E.N., Meyer A.S., 2000, *Review. The problems of using one-dimensional methods to evaluate multifunctional food and biological antioxidants*. J. Sci. Food Agr., Vol. 80, 1925-1941.
- Göktürk S., Sezgin E., Yildirim Z., Atamer M., 2002, *Effects of season on vitamins A and E contents and colour of Turkish butter*. Nahrung, Vol. 46, (1), 54-55.
- Gómez-Cortés P., Juárez M., de la Fuente M. A. 2018, *Milk fatty acids and potential health benefits: An updated vision*, Trends in Food Science & Technology, Vol. 81, 1–9.
- Granelli K., Barrefors P., Björck L., Applqvist L-Å., 1998, *Further studies on lipid composition of bovine milk in relation to spontaneous oxidised flavour*. J. Sci. Food Agr., Vol 77, 161-171.

- Guillén M. D., Cabo N., 1997, *Infrared spectroscopy in the study of edible oils and fats*. J. Sci. Food Agr., Vol. 75, 1-11.
- Gutierrez A. M., Boylston A. M., Clark T. D., 2018, *Effects of Pro-Oxidants and Antioxidants on the Total Antioxidant Capacity and Lipid Oxidation Products of Milk During Refrigerated Storage*, Journal of Food Science Vol. 83, 2, 275-283.
- Hamzawi L. F. 1990. *Role of phospholipids and a-tocopherol as natural antioxidants in buffalo butter fat*. Milchwissenschaft, Vol. 45 (2), 95-97.
- Huanga Z., Brennana Ch., Zhaoa H., Guana W., Mohanb M. S., Stipkovitsb L., Zhengd H., Liua J., Kulasirib D., 2020, *Milk phospholipid antioxidant activity and digestibility: Kinetics of fatty acids and choline release*, Journal of Functional Foods, Vol. 68, 103-865.
- Jensen R.G., 2002, *Invited review: The composition of bovine milk lipids: January 1995 to December 2000*. J. Dairy Sci., Vol. 85, (2), 295-350.
- Kaur N., Sukhija P.S., Bhatia I.S., 1982, *A comparison of seed phosphatides and synthetic compounds as antioxidants for cow and buffalo ghee (butter fat)*, J. Sci. Food Agr., Vol. 33, 576-578.
- Keogh M.K., Higgins A.C., 1986, *Anhydrous milk fat 1. Oxidative stability aspects*. Irish J. Food Sci. Technol., Vol. 10, 11-22.
- Khan I. T., Nadeem M., Imran M., Asif M., Khan M. K., Din A., Ullah R., 2019, *Triglyceride, fatty acid profile and antioxidant characteristics of low melting point fractions of Buffalo Milk fat*, Lipids in Health and Disease (2019), Vol. 1, 1-11.
- Kuncewicz A., Panfil-Kuncewicz H., Jaworski J., 1997, *Ocena zawartości witaminy A, D, E, w maśle z pastwiskowego i oborowego okresu żywienia krów. XXVIII Sesja naukowa. „Postępy w technologii i chemii żywności” Gdańsk*. 258-259.
- Li Y. H., Wang W. J., Guo L., Shao Z. P., Xu X. J., 2019 *Comparative study on the characteristics and oxidation stability of commercial milk powder during storage*, J. Dairy Sci. Vol. 102, 8785–8797.
- Liang K., Zhao J., Han J., Liu P., Qiu J., Zhu D., Qin Y., Lingang Lu L., Wang X., 2018, *Fatty acid composition, vitamin A content and oxidative stability of milk in China*, Journal Of Applied Animal Research, Vol. 46. 1, 566–571
- Lu J., Langton M., Sampels M., Pickova J., 2019, *Lipolysis and Oxidation in Ultra-High Temperature Milk Depend on Sampling Month, Storage Duration, and Temperature*, Journal of Food Science, Vol. 84, 5, 1045-1053.
- Marino V. M., Schadt I., 2016, *Stability of a-tocopherol, g-tocopherol and b-carotene during ripening of pasta-filata cheese made from raw and pasteurised milk with different vitamin contents*, International Dairy Journal, Vol. 56, 29-32.
- Mariod A. A., Ali R. T., Ahmed Y. M., Abdelwahab I. S., Abdul A. B., 2010 , *Effect of the method of processing on quality and oxidative stability of anhydrous butter fat (samn)*, African Journal of Biotechnology Vol. 9,7, 1046-1051.
- Merzametov M.M., Varnakova V.F., Kornichenko L.F., 1974, *Effect of copper and iron on milk fat during storage*. Pishchevaya-Tekhnologiya, Vol 4, 74-77.
- Meshref A. M. S., Moselhy W. A., Hassan N. E. Y., 2014, *Heavy metals and trace elements levels in milk and milk products*, Food Measure, Vol 8, 381–388.
- Min D.B., 1998, *Lipid oxidation of edible oil*. In: *Food Lipids: Chemistry Nutrition, Biotechnology*. Inc. New York, NY. 283-295.
- Mogensen I., Kristensen T., Søegaard K., Søren K.J., Sehested J., 2012, *Alfa-tocopherol and beta-carotene in roughages and milk in organic dairy herds*, Livestock Science, Vol. 145, 44–54.

- Mohan M. S., O'Callaghan T. F., Kelly P., Hogan S. A. 2021, *Milk fat: opportunities, challenges and innovation*, Critical Reviews in Food Science and Nutrition, Vol. 61, 14, 2411–2443.
- Panda N., Kaur H., 2007, *Influence of vitamin E supplementation on spontaneous oxidized flavour of milk in dairy buffaloes*, International Journal of Dairy Technology Vol. 60, 3.
- Paz I., Molero M., 2000, *Catalytic effect of solid metals on thermal stability of olive oils*. J. Amer. Oil Chem. Soc., Vol. 77 (2). 127-130.
- Pedrotti M., Khomenko I., Cappe L., Fontana M., Somenzi M., Falchero L., Arveda M., Fog V., Biasioli F., 2018, *Rapid and noninvasive quality control of anhydrous milk fat by PTR-MS: The effect of storage time and packaging*, J. Mass Spectrom. Vol. 53, 753–762.
- Pokorny J., 1991, *Natural antioxidants for food use*. Trends Food Sci. Technol., Vol. 9. 223-227.
- Pop F., 2010, *Installation of Hydrolysis and Oxidation Processes in Animal Fats during Refrigeration and Freezing Storage*, REV. CHIM., Vol. 61, 17-20.
- Pop F., Boltea D., 2014, *Evaluation of oxidation and hydrolysis in milk fat during freezing storage*, Journal of Agroalimentary Processes and Technologies, Vol. 20, 1, 39-45.
- Pop F., Boltea D., 2014, *Evaluation of oxidation and hydrolysis in milk fat during freezing storage*, Journal of Agroalimentary Processes and Technologies, Vol. 20, 1, 39-45.
- Puppel K., Nałęcz-Tarwacka T., Beata Kuczyńska B., Marcin Gołębiowski M., Kordyasz M., 2013, *Effect of different fat supplements on the antioxidant capacity of cow's milk*, Archiv Tierzucht, Vol. 56, 17, 178-190.
- Robards K., Kerr A.F., Patsalides E., 1988, *Rancidity and its measurement in edible oils and snack foods*. Review. Analyst, Vol. 113, 213-224.
- Roufegarinejad L., Ehsani M.R., Mizani M., Darabi M., 2013, *Copper and Iron Content in Butter and Their Relation to Oxidative Stability*, Annals of Biological Research, Vol. 4, 4, 250-254.
- Saito H., Ishihara K., 1997, *Antioxidant activity and active sites of phospholipids as antioxidants*. J. Amer. Oil Chem. Soc., Vol. 74 12, 1531-1536.
- Shaheen M., Ahmad I., Mijid N., Ali S., Rashid A. A., 2010, *Lipolysis, hydrolytic and oxidative rancidity in raw milk*, Pak. J. Food Sci., Vol 20, 1-4, 52-54.
- Siwach R., Tokas J., Seth R., 2018, *Lycopene: A natural antioxidant for anhydrous buffalomilk fat*, International Journal of Dairy Technology, Vol 71, 1, 164-173.
- Skibsted L.H., 2000, *Light-induced changes in dairy products*. Bull. IDF. 346. 4-9.
- Surendra Nath B., Rama Murthy M.K., 1983, *Autooxidative stability of cow and buffalo milk fat triacylglycerides as influenced by other minor lipid constituents*. Indian J. Dairy Sci., Vol. 36 2. 151-156.
- Surendra Nath B., Rama Murthy M.K., 1984, *Effect off copper contamination on the antioxidant properties of a-tocopherol, b-carotene and BHT in milk fat triglycerides*. Indian J. Dairy Sci., Vol. 37, 2, 103-106.
- Suwarat N., Tungjaroenchai W. 2013, *Characteristic of Ghees Obtained from Different Post-Clarification Temperatures*, International Journal of Bioscience, Biochemistry and Bioinformatics, Vol. 3, 4.
- Tsuchihaschi H., Kigoshi M., Iwatsuki M., Niki E., 1995, *Action of b-carotene as an antioxidant against lipid peroxidation*. Arch. Biochem. Biophys., Vol. 323, 1, 137-147.
- Tzima K., Brunton N. P., McCarthy N. A., Kilcawley K. N., Mannion D. T., Rai D. K., 2021, *The Effect of Carnosol, Carnosic Acid and Rosmarinic Acid on the Oxidative Stability of Fat-Filled Milk Powders throughout Accelerated Oxidation Storage*, Antioxidants, Vol 10, 762.
- Vijayender Rao D., Rama Murthy M.K., 1987, *Influence of the metal catalysts on the pattern of carbonyl production during the autoxidation of cow milk fat*. Indian J. Anim. Sci., Vol. 57, 5, 475-478.

- Wiking L., Gregersen S. B., Hansen S. F., Hammershøj M., 2022, *Heat-induced changes in milk fat and milk fat globules and its derived effects on acid dairy gelation - A review*, International Dairy Journal, Vol 127, 105213.
- Wold J.P., Skaret J., Dalsgaard T.K., 2015, *Assessment of the action spectrum for photooxidation in full fat bovine milk*, Food Chemistry, Vol. 179, 68–75.
- Yanishlieva N.V., Aitzetmüller K., Raneva V.G., 1998, *b-carotene and lipid oxidation*. Fett/Lipid, Vol. 100, 10, 444-462.
- Zhao X., Wang J., Yang Y., Bu D., Cui H., Sun Y., Xu X., Zhou L., 2013, *Effects of different fat mixtures on milk fatty acid composition and oxidative stability of milk fat*, Animal Feed Science and Technology, Vol. 185, 35–42.
- Zmarlicki S., 1976, *Studia nad otrzymaniem bezwodnego tłuszczu mlekowego o wysokiej jakości i stabilności oksydacyjnej*. Zesz. Nauk. SGGW–AR Warszawa. 70. 1-51.

WPLYW UDZIAŁU SUBSTANCJI SŁODZĄCYCH NA WYBRANE CECHY CIAST BISZKOPTOWO-TŁUSZCZOWYCH

ALEKSANDRA WILCZYŃSKA¹, NATALIA ŻAK^{2*}

¹ *Gdynia Maritime University, Department of Commodity Science and Quality Management,
ul. Morska 81-87, 81-225 Gdynia, Poland,
e-mail: a.wilczynska@wznj.umg.edu.pl*

² *Gdynia Maritime University, Department of Commodity Science and Quality Management,
ul. Morska 81-87, 81-225 Gdynia, Poland,
e-mail: n.zak@wznj.umg.edu.pl*

Streszczenie

Celem niniejszej pracy była ocena wpływu dodatku wybranych substancji słodzących na cechy ciast biszkoptowo-tłuszczowych. Materiał badawczy stanowiły cztery rodzaje ciast biszkoptowo-tłuszczowych z dodatkiem różnych substancji słodzących (cukier, miód, ksylitol, słodzik sztuczny). Dokonano oceny właściwości sensorycznych (smak, zapach, konsystencja, wygląd) oraz fizykochemicznych (sucha masa, wydajność ciasta, gęstość, strata piecowa, porowatość, elastyczność miękiszu, barwa oraz zawartość cukrów redukujących). Największą wartością energetyczną cechował się tradycyjny biszkopt z białym cukrem (352 kcal w 100 g), a najmniejszą biszkopt z dodatkiem ksylitolu (323 kcal/100 g), który dodatkowo cechował się najlepszym smakiem, zapachem, konsystencją oraz wyglądem. Największą zawartością cukrów redukujących charakteryzował się biszkopt słodzony cukrem. W przypadku ksylitolu i aspartamu potwierdzono brak obecności cukrów redukujących. Wypiek z dodatkiem aspartamu, charakteryzował się najmniejszą porowatością, przez co również najgorszą konsystencją i teksturą, a także był najgorzej oceniony pod względem smaku, zapachu, konsystencji oraz wyglądu.

Słowa kluczowe: dodatki do żywności, substancje słodzące, ciasta biszkoptowo-tłuszczowe

Wprowadzenie

Wyroby cukiernicze, obejmując szeroką grupę produktów, stanowią jeden z elementów codziennej diety. Ze względu na dosyć znaczną wartość energetyczną (duża zawartość tłuszczu i cukrów), konsumenci poszukują wyrobów cukierniczych o niezmiennych charakterystycznych cechach sensorycznych i użytkowych, przy zachowaniu obniżonej wartości energetycznej. Jedną z możliwości uzyskania takich produktów stanowi dodatek substancji słodzących, charakteryzujących się niższą wartością energetyczną niż sacharoza [Kusińska & Starek 2011; 2012].

Odczuwanie smaku słodkiego w produktach spożywczych jest bardzo mocno pożądanym. Jego intensywność zależy od wielu czynników m.in. charakteru produktu, temperatury w jakiej się znajduje, odczynu (pH), pory dnia, a także użytego środka słodzącego (jego ilości) i obecności innych substancji nadających smak i zapach. Substancje słodzące różnią się od siebie także czasem, jaki jest potrzebny do wystąpienia pożądanego wrażenia smakowego i jego utrzymania się w jamie ustnej. Istnieje zatem wiele czynników, które istotnie wpływają na odczuwanie przyjemności ze spożywania słodyczy [Rutkowski et al. 2013].

W Polsce najczęściej stosowaną substancją słodzącą jest cukier (sacharoza), ze względu na swoją cenę, dostępność i łatwość użycia. Jest to jednak produkt wysoce kaloryczny i uchodzący za przyczynę otyłości, tak więc obserwuje się wzrost zapotrzebowania na produkty o obniżonej wartości energetycznej. Substytutami cukru białego mogą być np. miód, syrop klonowy czy syrop z agawy, które, poza właściwościami słodzącymi, są bogate w substancje odżywcze takie, jak witaminy i minerały. Popularne substancje słodzące o mniejszej kaloryczności i pozytywnym wpływie na zdrowie człowieka to m. in. ksylitol i erytrytol. Wyróżnia się jeszcze grupę substancji o znikomej wartości energetycznej i jednocześnie dużo większej zdolności słodzącej - intensywne środki słodzące. Przykładem tych substancji mogą być: aspartam, sacharyna, acesulfam K czy cyklamian [Orzeł & Biernat 2012]. W tabeli 1 przedstawiono podstawowy podział środków słodzących.

Tabela 1. Podział wybranych substancji słodzących

Grupa		Przykład
naturalne substancje słodzące	podstawowe substancje słodzące	sacharoza, fruktoza, glukoza, melasa, miód, syrop klonowy, syrop z agawy
	hydrolizaty skrobiowe	syrop glukozowy, syrop glukozowo-fruktozowy
półsyntetyczne substancje słodzące	alkohole cukrowe (poliole)	sorbitol, mannitol, izomalt, maltitol, laktitol, ksylitol, erytrytol
intensywne substancje słodzące	środki słodzące pochodzenia białkowego	mirakulina, kurkulina, monelina, mabinlina, taumatyna
	syntetyczne środki słodzące	acesulfam K, aspartam, cyklamian, neohesperydyna DC, neotam, sacharyna, sukraloza
	inne	stewia, trehaloza

Źródło: [et al 2015, Rutkowski 2013].

Prawo UE określa, które substancje słodzące mogą być stosowane w poszczególnych produktach żywnościowych [RK 2011].

Cechy idealnej substancji słodzącej: niska kaloryczność, stabilność chemiczna i termiczna, funkcjonalność, bezpieczeństwo stosowania, optymalna słodkość (zbliżona do sacharozy), dobra rozpuszczalność w wodzie, brak wpływu na barwę i zapach wyrobu, łatwość stosowania, trwałość, niska cena i niepowodowanie próchnicy zębów. W praktyce trudno jest znaleźć substancję słodzącą, która spełniałaby wszystkie wcześniej wymienione wymagania, jednak istnieją takie, którym niedaleko do ideału [Czapski & Górecka 2015].

Na podstawie literatury przedmiotu z zakresu oceny jakości ciast biszkoptowo-tłuszczowych [Attia et al. 1993; Baeva 2000; Baeva 2003; Felicidad 2005; Gerłowicz 2018; Górecka 2007; Krygier & Żbikowska 2002; Kusińska & Starek 2012; PN-ISO 8586-2:1996] stwierdzono, że istotnym elementem badań naukowych stała się próba oceny właściwości (teksturalnych, reologicznych i sensorycznych) ciast biszkoptowych, w których częściowo lub całkowicie zamieniono sacharozę substancjami słodzącymi, np. ksylitolem, mannitolem, aspartamem itp. [Martínez- Cervera et al. 2016; Lin et al. 2010; Kutyła-Kupidura et al. 2016]. Zespół Kutyły-Kupidury oraz współpracowników [2016] przedstawił obszerne zestawienie

zastosowania różnorodnych substancji słodzących, wskazujące na różnice jakości produktów takich, jak: herbatniki, wafle oraz ciasta biszkoptowe [Kutyła-Kupidura et al. 2016]. Przykładowo: ksylitol odpowiada za zmniejszenie twardości wypieku, a jego jakość sensoryczna zbliżona jest do produktu z sacharozą [Kutyła-Kupidura et al. 2016; Ronda 2006], natomiast fruktoza powoduje obniżenie jakości sensorycznej ciast biszkoptowych, zmniejszenie ich objętości, ciemniejszą barwę skórki i miękiszu [Kutyła-Kupidura et al. 2016; Psimouli & Oreopoulou 2012]. W przypadku słodzików sztucznych takich, jak: aspartam i acesulfam K zaobserwowano obniżenie jakości sensorycznej [Górecka et al. 2007].

W związku z powyższym, iż temat wpływu różnych substancji słodzących na cechy jakościowe brane pod uwagę przy wyborze ciast biszkoptowych nie jest do końca przebadany, postanowiono przeprowadzić analizę wpływu wybranych substancji słodzących na cechy ciast biszkoptowo-tłuszczowych.

1. Materiał i metody

Materiał badawczy stanowiły cztery rodzaje ciast biszkoptowo-tłuszczowych z udziałem różnych substancji słodzących (cukier - cukier puder z buraka cukrowego, miód - miód rzepakowy z Kaszub, ksylitol - cukier brzoźowy z Finlandii, słodzik sztuczny - słodzik stołowy na bazie aspartamu). Ciasta te zostały przygotowane przez zastosowanie metody „na zimno”. Do sporządzenia ciast użyto następujących składników: mąka pszenna (typ 450) – 250 g, masło – 125 g, mleko – 75 g, jaja – 2 sztuki, proszek do pieczenia – 6 g, cukier/miód/ksylitol/aspartam – 125 g/125 g/125 g/25 g.

Metoda produkcji ciasta „na zimno”

Składniki o pokojowej temperaturze umieszczono w misie (masło, jaja oraz wybraną substancję słodzącą). Składniki te ubijano w robocie razem aż do osiągnięcia konsystencji piany. Następnie przez sito o drobnych oczkach przesiano do misy mąkę wraz z proszkiem do pieczenia oraz dolano odpowiednią ilość mleka. Wszystko razem wymieszano i powstałą masę przelano do formy aluminiowej o wymiarach 18x25 cm. Biszkopt pieczono w piekarniku nagrzanym do 175°C przez 30 minut.

Czynność tę wykonano czterokrotnie, za każdym razem używając innej substancji słodzącej (cukier, miód, ksylitol oraz aspartam).

Po upieczeniu ciast dokonano oceny właściwości sensorycznych (smak, zapach, konsystencja, wygląd) oraz oceny wybranych parametrów fizykochemicznych (zawartość suchej masy, wydajność ciasta, gęstość, strata piecowa, porowatość, elastyczność miękkiszu, barwa oraz zawartość cukrów redukujących) [PN-A 74108:1996; PN-A 74252:1998].

Wydajność ciasta biszkoptowo-tłuszczowego [PN-A 74108:1996] to ilość ciasta uzyskana ze 100 części wagowych mąki. Obliczono ją ze wzoru:

$$W = \frac{m_k}{m_m} \times 100 \quad (1.1)$$

gdzie: W – wydajność ciasta [%], m_k – masa ciasta użytego do wypieku [g], m_m – masa mąki użytej do wypieku [g].

Gęstość ciasta [PN-A 74108:1996] to stosunek jego masy do objętości, wyrażona w g/cm^3 . Obliczono ją ze wzoru:

$$\rho = \frac{m_k}{V} \quad (1.2)$$

gdzie: ρ – gęstość ciasta [g/cm^3], m_k – masa ciasta użytego do wypieku [g], V – objętość ciasta [cm^3].

Strata piecowa (upiek) [PN-A 74108:1996] to stosunek różnicy masy kęsa uformowanego do wypieku i masy upieczonego ciasta do masy ciasta przed upieczeniem. Obliczono ją ze wzoru:

$$U = \frac{m_k - m}{m_k} \times 100 \quad (1.3)$$

gdzie: U – upiek [%], m_k – masa ciasta użytego do wypieku [g], m – masa ciasta zaraz po upieczeniu [g].

Badanie organoleptyczne

Ocena sensoryczna ciast biszkoptowo-tłuszczowych została przeprowadzona przez 12-osobowy zespół ekspertów, który został uprzednio przeszkolony wg. wymagań normy [PN-ISO 8586-2:1996]. Badani zostali zapoznani z podstawowymi zasadami badania wraz ze wskazaniem cech charakterystycznych dla każdego poziomu oceny deskryptorów oceny jakości. Badanie polegało na pomiarze akceptacji badanych cech. Posłużono się 7-punktową skalą hedoniczną z neutralnym polem w środku, gdzie „1” oznaczało „najmniej mi odpowiada”, a „7” – „najbardziej mi odpowiada”. W ten sposób oceniano smak, zapach, konsystencję oraz wygląd/teksturę wypieków [PN-A 74252:1998].

Oznaczenie zawartości suchej masy

Do odpowiednio przygotowanych i zważonych naczynek wagowych odważono po 5 g ciasta. Dla wszystkich kolejnych próbek wykonano po dwa powtórzenia. Tak przygotowany materiał umieszczono w suszarce w temperaturze 110°C na 3 godziny. Po tym czasie próbki umieszczono w ekcykatorze, a gdy ostygły, ponownie je zważono. Na podstawie ubytku masy produktu obliczono procentową zawartość suchej masy według następującego wzoru:

$$SM = \frac{m_2}{m_1} \times 100 \quad (1.4)$$

gdzie: SM – sucha masa [%], m_1 – masa próbki przed suszeniem [g], m_2 – masa próbki po suszeniu [g] [PN-A 74108:1996].

Oznaczenie zawartości cukrów redukujących wykonano metodą Lane-Eynona

Do kolby miarowej o pojemności 200 ml odmierzone 10 g mięksiszu. Następnie dodano wodę destylowaną do 2/3 objętości kolby i pozostawiono na okres 5 minut, często wstrząsając. Po upływie tego czasu sklarowano powstałą zawiesinę używając 5 ml 15% roztworu $ZnSO_4$ oraz 2,5 ml 4% roztworu NaOH. Kolbę uzupełniono wodą do kreski, kilkakrotnie nią wstrząsano, po czym pozostawiono na 15 minut. Po tym czasie roztwór badany przesączono przez karbowany sącdek z bibuły do kolby stożkowej o pojemności 300 ml. Następnie, za pomocą pipety, pobrano 50 ml

przesączu i przeniesiono do 100 ml kolby mierowej, po czym dodano 5 ml stężonego HCl. Tak przygotowaną kolbę umieszczono w łaźni wodnej w temperaturze 68-70°C na okres 10 minut. Po tym czasie roztwór natychmiast schłodzono do temperatury pokojowej, a następnie zobojętniono wodorotlenkiem sodu wobec 3-4 kropli oranżu metylowego. Zawartość kolby uzupełniono wodą do kreski, wymieszano i powstały roztwór użyto do oznaczania zawartości cukru w produkcie. W wyżej opisany sposób sporządzono roztwory z użyciem z osobna wszystkich czterech rodzajów ciast.

Do kolby miarowej o pojemności 100 ml odmierzone po 5 ml płynów Fehlinga I i II, a następnie doprowadzono do wrzenia. Po 2 minutach łagodnego gotowania dodano 2-3 krople błękitu metylenowego i zaczęto miareczkowanie na gorąco badanym roztworem cukru aż do zaniku niebieskiej barwy. W ten sposób wykonano po trzy oznaczenia dla wszystkich czterech roztworów badanych ciast.

Wynik badania stanowiła procentowa zawartość cukrów redukujących w wyrobie. Wartość ta została odczytana z tablicy I normy PN-61/A-88023 na podstawie ilości cm³ roztworu badanego zużytego do miareczkowania [PN-A74108:1996].

Oznaczenie porowatości metodą Jacobiego (wg PN-A74108:1996)

Ze sztuki ciasta, jego środkowej części, ostrym nożem wycięto sześciąt o boku 3 cm i przeniesiono na szkiełko zegarkowe. Mięksisz ten podzielono na kilka mniejszych części i palcami ugniatano do uzyskania postaci małych kuleczek, pozbawiając je powietrza. Do cylindra mierniczego (poj. 50 ml) wlane po ścianie 30 ml oleju, a następnie umieszczono w nim wcześniej przygotowane kuleczki. Z różnicy poziomów obliczono objętość mięksiszu bez porów. Oznaczenie wykonano zgodnie z normą [PN-ISO 8586-2:1996.] dla wszystkich czterech rodzajów ciasta w dwóch powtórzeniach. Porowatość wypieków obliczono z następującego wzoru:

$$P = \frac{(27-a)}{27} \times 100 \quad (1.5)$$

gdzie: P – porowatość [%], a – objętość mięksiszu ugniecionego, bez porów [cm³].

Ocena elastyczności miękiszu

Oceny elastyczności dokonano na kawałku miękiszu o wielkości 1,5x1,5 cm, wykrojonym ze środkowej części wypieku tuż przed jego zbadaniem. Za pomocą kciuka naciskano na miękisz wolno i równomiernie, aby wyczuć opór, jaki stawia. Po zdjęciu palca obserwowano, jaki pozostawił odcisk oraz ewentualne pęknięcia. Elastyczność uznawano za właściwą, gdy po zabraniu palca miękisz wracał do stanu poprzedniego.

Oznaczenie barwy

Oznaczenie barwy polegało na pomiarze kolorymetrycznym próbek ciasta (miękiszu oraz skórki) za pomocą kolorymetru Chroma Meter CR-400 zgodnie z systemem CIE L*a*b*. Badanie przeprowadzono w trzech powtórzeniach.

Metody analizy statystycznej

Wszystkie oznaczenia przeprowadzono w trzech powtórzeniach, policzono podstawowe miary statystyczne: wartość średnią oraz odchylenie standardowe Według następujących wzorów:

$$\bar{s}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y - \bar{y}_s)^2}{n} \quad (1.6)$$

$$\bar{s} = \sqrt{\bar{s}^2} \quad (1.7)$$

gdzie:

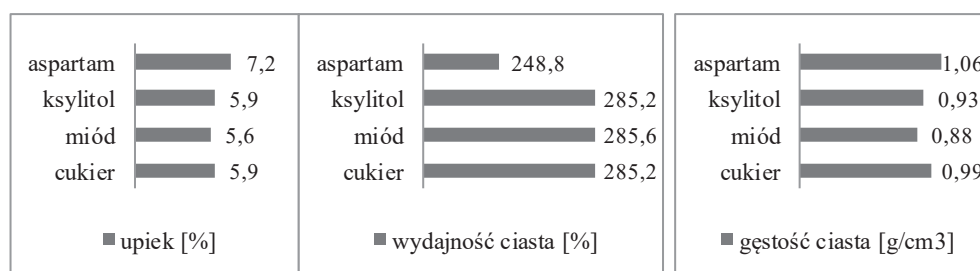
- wariancja,
- kolejna obserwacja z grupy,
- średnia z grupy,
- liczba próbek w grupie,
- odchylenie standardowe.

2. Wyniki badań i dyskusja

Największym upiekiem, czyli tzw. stratą piecową, charakteryzował się biszkopt z dodatkiem sztucznego słodzika (7,2%), najmniejszym natomiast – wypiek na bazie miodu (5,6%) – rysunek 1.

Zastosowanie cukru, miodu czy ksylitolu do wypieku biszkoptów nie miało istotnego wpływu na wydajność ciasta. We wszystkich trzech przypadkach wartości były niemal identyczne i wyniosły około 285%. Dużo mniejszą wydajnością cechował się biszkopt z udziałem aspartamu (około 249%) – rysunek 1.

Biszkopt sporządzony z użyciem sztucznego słodzika odznaczał się największą gęstością (1,06 g/cm³), natomiast najbardziej płynny był biszkopt z udziałem miodu (0,88 g/cm³). Co potwierdzają również badania przeprowadzone przez zespół Baeva i wsp. w 2003 roku [Baeva 2003].



Rys. 1. Upiek, wydajność oraz gęstość ciast badanych

Źródło: opracowanie własne.

Z przeprowadzonych badań wynikało, iż najbardziej atrakcyjny w smaku był biszkopt upieczony na bazie ksylitolu (5,83 pkt), następnie biszkopt z udziałem miodu (5,5 pkt). Najgorszy w smaku, według zespołu oceniającego, okazał się biszkopt na bazie sztucznego słodzika, czyli aspartamu (1,92 pkt), co potwierdziło badania przeprowadzone przez zespół Góreckiej i wsp. w 2007 roku [Górecka 2007]. Dane przedstawiono w tabeli 2.

Najlepszy zapach ze wszystkich badanych biszkoptów miał wypiek z dodatkiem ksylitolu (5,75 pkt). Na drugim miejscu – biszkopt z miodem, na trzecim – z cukrem, natomiast najmniej przyjemny zapach cechował wypiek na bazie aspartamu (3,33 pkt). Zespół oceniający charakteryzując konsystencję ciasta najwyżej ocenił biszkopt z udziałem ksylitolu (5,92 pkt), następnie wypiek z udziałem miodu, i kolejno z udziałem cukru. Najniższe oceny względem tego kryterium otrzymało biszkopt ze sztucznym słodzikiem (3 pkt).

Najlepszym wyglądem/teksturą cechował się biszkopt na bazie ksylitolu (6,33 pkt), następnie na bazie miodu, z kolei na bazie cukru, natomiast najmniej atrakcyjne pod tym względem okazało się biszkopt z udziałem aspartamu (3,83 pkt).

Tabela 1. Średnie oceny wyróżników jakościowych dla poszczególnych rodzajów biszkoptów

Substancja słodząca	Smak	Odczylenie standardowe	Zapach	Odczylenie standardowe	Konsystencja	Odczylenie standardowe	Wygląd/ Tekstura	Odczylenie standardowe
cukier	5,33	0,290	4,92	0,154	5,58	0,163	5,67	0
miód	5,50	0	5,58	0,163	5,83	0,390	5,83	0
ksylitol	<u>5.83</u>	<u>0.122</u>	<u>5.75</u>	<u>0.390</u>	<u>5.92</u>	<u>0.149</u>	<u>6.33</u>	<u>0.149</u>
aspartam	1,92	0,163	3,33	0,149	3,00	0	3,83	0,154

Źródło: opracowanie własne.

Badania przeprowadzone przez zespół Ronada i wsp. w 2007 roku wskazywali również na najlepsze właściwości ciast biszkoptowych z dodatkiem ksylitolu, jako ciasta najbardziej podobnego do ciast słodzonych sacharozą pod względem właściwości sensorycznych oraz tekstury [Ronda 2005]. Natomiast według badań przeprowadzonych przez zespół Baeva i wsp. [2003] oraz zespół Góreckiej i wsp., ciasta słodzone aspartamem oraz acesufamem K charakteryzowały się obniżoną jakością sensoryczną [Baeva 2000; Baeva 2003; Górecka et al. 2007]. Wyniki akceptowalności sensorycznej ciast biszkoptowych wykonane przez zespół Martínez - Cervera i wsp. [2012] wskazały, że sacharozę można zastąpić do poziomu 50% przy dobrej akceptowalności sensorycznej, ale zastąpienie 100% sacharozy powoduje znaczny spadek akceptowalności, a najniższe wyniki są związane z uszkodzeniem tekstury ciast [Martínez-Cervera i wsp. 2012].

Badanie zawartości suchej masy wskazało, iż jej średnia wartość wahała się w granicach od 69,78% (biszkopt z dodatkiem miodu) do 73,65% (biszkopt z ksylitolem) – tabela 3.

Tabela 2. Średnia zawartość suchej masy w badanych biszkoptach

Substancja słodząca	Zawartość wody [%]	Sucha masa [%]	Wariancja	Odchylenie standardowe
cukier	27,79	72,21	2,772	1,665
miód	30,22	69,78	0,015	0,121
ksylitol	26,35	73,65	6,694	2,587
aspartam	29,32	70,68	0,084	0,290

Źródło: opracowanie własne.

W przeciwieństwie do wypieków z udziałem miodu czy aspartamu, wartości odchylenia standardowego dla biszkoptów słodzonych cukrem oraz ksylitolem są stosunkowo duże, co może świadczyć o niewielkim zróżnicowaniu próbek pobranych do badania (tabela 3).

Tabela 3. Średnia zawartość cukrów redukujących w badanych biszkoptach

Substancja słodząca	Zawartość cukrów redukujących [%]	Wariancja	Odchylenie standardowe
cukier	10,23	0,185	0,430
miód	8,68	0,027	0,163
ksylitol	0	0	0
aspartam	0	0	0

Źródło: opracowanie własne.

Największą zawartością cukrów redukujących charakteryzował się biszkopt słodzony białym cukrem (10,23%). Biszkopt z miodem zawierał ich trochę mniej – 8,68%. Badanie potwierdziło również brak obecności cukrów redukujących w ciastach z ksylitolem i sztucznym słodzikiem (tabela 4).

Tabela 4. Średnia porowatość badanych biszkoptów

Substancja słodząca	Porowatość [%]	Wariancja	Odchylenie standardowe
cukier	55,56	13,717	3,704
miód	53,70	3,429	1,852
ksylitol	53,70	3,429	1,852
aspartam	46,30	3,429	1,852

Źródło: opracowanie własne.

Przeprowadzone badanie wykazało, iż najmniejszą porowatością charakteryzowały się biszkopty z udziałem sztucznego słodzika (nieco ponad 46%), natomiast największą – te z dodatkiem cukru (55,56%). Ciasta z miodem i ksylitolem cechowała taka sama porowatość, równa 53,7% (tabela 5).

Biszkopt z dodatkiem sztucznego słodzika w swoim najwyższym punkcie osiągnął wysokość 3 cm. Mięksiz był suchy i nieelastyczny. Dotknięcie palcem powodowało uszkodzenie i pęknięcie wierzchniej skórki. Badania przeprowadzone przez Psimouli i wsp. [2012] wskazują również na wzrost jędrności oraz spadek sprężystości ciast słodzonych słodzikami [Psimouli & Oreopoulou 2012]. Pozostałe wypieki charakteryzowała odpowiednia elastyczność mięksizu. Dotykanie nie powodowało uszkodzeń, a biszkopt wracał do poprzedniej pozycji. Biszkopty z cukrem, miodem oraz ksylitolem podczas pieczenia dobrze wyrosły i odznaczały się odpowiednią wysokością (tabela 5).

Tabela 5. Ocena elastyczności mięksizu badanych biszkoptów

Substancja słodząca	Wysokość ciasta [cm]	Ocena mięksizu
cukier	4,4	elastyczny
miód	3,8	elastyczny
ksylitol	3,9	elastyczny
aspartam	3,0	suchy, zbity i zupełnie nieelastyczny

Źródło: opracowanie własne

Wyniki badania kolorymetrycznego pod kątem jasności i zabarwienia skórki oraz miększu wypieków przedstawiono w poniższych tabelach (tabela 6).

Tabela 6. Uśrednione wartości parametrów L*, a* i b* dla skórki oraz miększu badanych ciast

Substancja słodząca	Skórka badanych ciast			Miększ badanych ciast		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
cukier	56,70	8,46	29,69	62,12	-3,41	21,59
miód	54,65	11,94	30,58	65,52	-0,83	23,44
ksylitol	58,26	10,73	32,87	70,92	-2,99	23,24
aspartam	59,30	9,52	31,76	70,14	-2,60	26,00

Źródło: opracowanie własne.

Na podstawie przeprowadzonych badań oceny wyróżników barwy stwierdzono, iż największą jasnością (parametr L*) charakteryzowała się skórka biszkoptu słodzonego sztucznym słodzikiem, natomiast najmniejszą – skórka ciasta z miodem. Parametr barwy a* świadczy o większym udziale barwy czerwonej w skórkach wszystkich badanych biszkoptów. Wartość parametru b* wskazuje na większy udział barwy żółtej, niżeli niebieskiej w skórcie badanych biszkoptów.

Największą jasnością miększu odznaczał się biszkopt na bazie ksylitolu (L*~71), natomiast najmniejszą – biszkopt z cukrem. Ujemne wartości parametru b* wskazują na większe zbliżenie barwy miększu wszystkich biszkoptów do barwy zielonej niż czerwonej. Biszkopt słodzony sztucznym słodzikiem wykazał najbardziej intensywną barwę żółtą ze wszystkich badanych biszkoptów.

Według przeprowadzonych do tej pory badań barwa ciast biszkoptowych (miększ i skórka) z dodatkiem erytrytolu [Lin et al. 2010], mannitolu [Psimouli & Oreopoulou 2012], malitolu [Ronda 2005] oraz oligofruktozy [Psimouli & Oreopoulou 2012; Ronda 2005] wpływa na uzyskanie jaśniejszej barwy ciast biszkoptowych. Uzyskanie ciemniejszej barwy tych ciast uzyskano po dodaniu fruktozy [Psimouli & Oreopoulou 2012].

3. Wnioski

Wyniki przeprowadzonych badań pokazały, że zastosowanie różnych substancji słodzących wpływa na różnorodność jakości uzyskanych ciast biszkoptowo-tłuszczowych.

1. Dodatek substancji intensywnie słodzącej w największym stopniu zmienił zarówno cechy reologiczne i organoleptyczne tych ciast oraz barwę (miękkiszu i skórki). Natomiast zastosowanie pozostałych substancji słodzących w mniejszym stopniu wpłynęło na jakość ciast biszkoptowych.
2. W przypadku dodatku ksylitolu zaobserwowano brak negatywnych zmian reologicznych oraz cech organoleptycznych charakterystycznych dla ciast biszkoptowych.

Literatura

- Attia, E. A., Shehata, H. A., Askar, A., 1993, *An alternative formula for the sweetening of reduced-calorie cakes*, Food Chemistry, 48, pp. 169–172.
- Baeva, M.R., Panchev, I.N., Terzieva, V.V., 2003, *Comparative study of texture of normal and energy reduced sponge cakes*, Nahrung, 2000, 44, 4, pp. 242 – 246.
- Baeva, M.R., Terzieva, V.V., Panchev, I.N., 2003, *Structural development of sucrose-sweetened and sucrose-free sponge cakes during baking*, Nahrung/Food, 47, 3, pp. 154 – 160.
- Czapski, J., Górecka, D., 2015, *Żywność prozdrowotna – składniki i technologia*, Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, 2015, pp. 281-293.
- Felicidad, R., Manuel G., Carlos A. B., Pedro A. C., 2005, *Effects of polyols and nondigestible oligosaccharides on the quality of sugar-free sponge cakes*, Food Chemistry, 90, 4, pp. 549-555.
- Gerłowicz, A., Marzec, A., Kowalska, H., Domian, E., 2018, *Ocena wybranych właściwości fizycznych ciasta i ciastek biszkoptowych z dodatkiem naturalnych koncentratów barwiących*, Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, nr 595, pp. 41-49.
- Górecka D., Korczak, J., Borowska-Parus, A., 2007, *Zastosowanie substancji słodzących w wyrobach ciastkarskich*, ŻYWNOSĆ. Nauka. Technologia. Jakość., 55 (6), pp. 210-218.
- Krygier K., Żbikowska, A., 2002, *Wpływ tłuszczu na wybrane cechy ciasta biszkoptowo-tłuszczowego*, ŻYWNOSĆ. Nauka. Technologia. Jakość., 09, 3, pp. 47-57.
- Kuchanowicz, H., Przygoda, B., Nadolna, I., Iwano, K., 2020, *Tabele składu i wartości odżywczej żywności*, PZWL Wydawnictwo Lekarskie.
- Kusińska, E., Starek, A., 2011, *Właściwości mechaniczne tekstury ciasta biszkoptowo-tłuszczowego*, Inżynieria Rolnicza, 5(130), pp.157-164.
- Kusińska, E., Starek, A., 2012, *Wpływ dodatku sacharyny na właściwości fizyczne ciasta biszkoptowo-tłuszczowego*, Inżynieria Rolnicza, 3(138), pp. 89-99.

- Kutyła-Kupidura, E. M., Sikora, M., Dobosz, A., Krystijan, M., 2016, *Wpływ zastąpienia sacharozy alternatywnymi substancjami słodzącymi na właściwości produktów ciastkarskich*, ŻYWNOSĆ. Nauka. Technologia. Jakość., 2 (105), pp.19 – 33.
- Lin, S.-D., Lee, C.-C. Mau, J.-L., Lin, L.-Y., Chiou, S.-Y., 2010, *Effect of erythritol on quality characteristic of reduced – calorie Danish cookies*, J. Food Qual., 33, pp.14-26.
- Martínez- Cervera, S., Sanz, T., Salvador, A., Fiszman, S.M., 2012, *Rheological, textural and sensorial properties of low-sucrose muffins reformulated with sucralose/polydextrose*, LWT - Food Science and Technology, Volume 45, Issue 2, pp.213-220.
- Orzeł D., Biernat J., 2012, *Wybrane zagadnienia z toksykologii żywności*, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wrocław, pp. 166-168.
- Psimouli, V., Oreopoulou, V., 2012, *The effect of alternative sweeteners on batter rheology and cake properties*, J. Sci. Food Agric., 92 (1), pp. 99-105.
- PN-ISO 8586-2:1996. Analiza sensoryczna – Ogólne wytyczne wyboru, szkolenia i monitorowania oceniających – Eksperci.
- PN-A 74108:1996. Pieczywo-Metody badań.
- PN-A 74252:1998. Wyroby i półprodukty ciastkarskie - Metody badań.
- Ronda, F., Gómez, M., Blanco, C.A., Caballero, P.A., 2005, *Effects of polyols and nondigestible oligosaccharides on the quality of sugar-free sponge cakes*, Food Chem., 90 (4), pp. 549-555.
- Rozporządzenie Komisji (UE) Nr 1129/2011 z dnia 11 listopada 2011 r. zmieniające załącznik II do Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1333/2008 poprzez ustanowienie unijnego wykazu dodatków do żywności. Dz. Urz. UE L 295, z 12.11.2011.
- Rutkowski A., Gwiazda S., Dąbrowski K.: *Kompendium dodatków do żywności*, Hortimex, Konin, 2013.

KNOWLEDGE OF TURKISH PRODUCTS AND DISHES AMONG CONSUMERS

MATEUSZ ZAWADZKI¹, AGNIESZKA RYBOWSKA^{2*},
PATRYCJA PENCZEK

¹ *“loGISTic” Student Scientific Club of Gdynia Maritime University*

e-mail: mateusz.zawadzki28@wp.pl

² *Gdynia Maritime University,*

e-mail: a.rybowska@wznj.umg.edu.pl

Abstract

Each region of the world has its own specific products that express centuries of cultural heritage and traditions. Turkish cuisine is extremely popular all over the world. It is a kitchen closely related to the religion of Islam, and also contains many features of the traditions prevailing in Eastern Europe. The aim of the study was to find out what consumers think about Turkish cuisine products and dishes. Using the CAWI survey, the level of knowledge and knowledge of Turkish cuisine in various age groups was determined. Only respondents who knew Turkish cuisine participated in the survey. Based on the research, it was found that traveling broadens consumers' horizons about Turkish cuisine, which translates into better knowledge of it. In addition, there is a need to systematise respondents' knowledge of Turkish cuisine as they show some shortcomings.

Keywords: turkish cuisine, knowledge, CAWI, consumption, consumers

Introduction

The presence of specific products characterises each region of the world. This is due both to the cultural heritage and tradition but also to the specificity of the climatic zone characteristic for a given region. Sometimes changing only one spice can result in a dramatic change in the taste of a dish, which is why in regional kitchens, not only the basic ingredients used to prepare a dish are important, but also spices [Obel 2007].

According to the literature, a consumer is an individual that plays an economic role in a specific situational system. It is a unit on which the functioning of the market depends. It is up to the consumer to a large extent whether a given enterprise will operate because the consumer's interest determines the demand. Thus, the role of the consumer can be considered functional [Sokołowski 2009].

The current food market is characterised by extremely high volatility, which makes it also unpredictable. That is why it is crucial to know the factors influencing the consumer's willingness or reluctance to consume a food product. It is also essential to determine what influences the choice of where to buy food products or where the consumer consumes regional dishes. It is worth noting that currently, the factors related to consumer awareness of the nutritional value of products from different regions of the world and their pro-health values are becoming more and more important. In addition, the factors shaping the behaviour of consumers are their attitudes towards a specific product but also openness to new tastes.

The issue of consumer behaviour is highly complex. According to the definition of consumer behaviour, "they include everything that precedes, takes place during and after the consumer purchases goods and services" [Falkowski & Tyszka 2001]. According to other authors, consumer behaviours are "actions and activities undertaken in order to obtain goods and services serving the satisfaction of needs following the perceived hierarchy of preferences and the general methods of their use" [Żelazna et al. 2002].

On the other hand, in the case of consumer behaviour towards food, not only the very definition of behaviour should be taken into account, but also the motives of consumers' actions. In the literature, there are behaviours towards food caused by internal stimuli, i.e. perceived hunger, craving or learned consumption norms. In addition, there are also behaviours toward food caused by external stimuli and, therefore, by economic factors caused by the impact of food marketing [Gutkowska & Ozimek 2009].

An important issue is consumers' food preferences, which are the result of genetic predisposition and environmental factors. In the case of genetic predisposition, it should be emphasised that people prefer sweet and salty tastes, while they are averse

to bitter and sour tastes. Preferences may change throughout life, e.g. under the influence of the environment or frequent contact with a stimulus. It is worth noting that preferences are, to a large extent, something individual, which does not have to depend on genetics or even the environment but only on individual characteristics [Rudnicki 2000].

1. Determinants of consumer interest in ethnic cuisines

Consumers' interest in ethnic cuisines from different regions of the world significantly impacts the development of restaurants offering such unusual products. In Europe, the emergence of national restaurants dates back to the 1960s, when immigrants began to arrive in Europe. The success of ethnic cuisines in Poland and worldwide is determined not only by specific, somewhat exotic products and dishes. It is also determined by the overall functioning of the premises, which is a specific envelope for the product. A perfect example of such an envelope is the regional interior design, the way the consumer is served, the ethnic clothing of the service, and even the characteristic furnishings of the premises [Sala 2011].

Consumers are attracted to regional cuisines by the quality and authenticity of a given place, its atmosphere, as well as unique experiences that can be felt there [Jang et al. 2012]. In the literature, there is even a belief that a well-prepared ethnic place serving delicious regional food may be an attraction for the consumer comparable to a beautiful landscape, architecture, and even art. Such a belief results from the fact that a properly prepared place not only provides a taste sensation but also enables the creation of an image about a given nation and the whole country [Czarniecka-Skubina et al. 2011].

Poland's increasingly progressive opening to the surrounding world, the ubiquitous globalization, the ever more prosperous gastronomic offer, and increasing the availability of original, traditional raw materials and semi-finished products from around the world contribute to getting to know ethnic cuisines not only in gastronomic establishments but also at home. Therefore, it is precisely the progressive globalization that makes culinary traditions and specific regional dishes

easy to transfer between regions and countries, and thanks to this, consumers have the opportunity to eat dishes characteristic of even very distant places [Kowalczyk 2008; Kwiatkowska & Levytska 2009].

The interest in traditional food can undoubtedly be classified as an innovative tendency in the behavior of consumers in the food market. Such behavior is often implied by striving to preserve and display cultural heritage values. According to the literature on the subject, the definition of traditional food includes various categories of food products that are distinguished by specific parameters resulting from their characteristic properties, processing method and place of origin. Żakowska-Biemans [2012] indicated that traditional food is characterised by at least one specific feature that would distinguish it from other, similar products belonging to the same category. A feature which distinguishes a traditional food can relate to the “traditional ingredients” from which it is made, the “traditional composition”, as well as the “traditional production and/or processing method”. On the other hand, according to the definition adopted by the European Commission, traditional food can be defined as products that have been operating on the Community market for at least 25 years because it is a period of transmission from one generation to the next [Council Regulation (EC) No. 509/2006 of March 20, 2006, on agricultural products]. In the European Union, there are currently strict conditions regarding the award of labels proving the traditional origin of food products, which broadly protects the consumer and allows him to make informed purchasing decisions [Żakowska-Biemans 2012].

In this work, the authors will focus on a synthetic presentation of the culinary heritage of Turkey because Turkish cuisine is the third most popular in the world, after Chinese and French cuisine [Korsak 2012]. Turkey is a country located on two continents - Europe and Asia, thus combining the culture of the East and the culture of the West. Globalization is a fundamental issue now, not only in terms of travel but also of cuisine. That is why Turkey, with all its peculiarities and characteristics, a variety of products, both extraordinarily essential and delicate ones, a vast range of soups, appetizers, meat and vegetable dishes, and unique desserts, is the perfect start to consider the ongoing globalization and popularization of traditional products Turkish in other parts of the world.

2. Characteristics of Turkish cuisine

The meals typical of Turkish cuisine consist of many fresh vegetables, meat and oriental spices. The dominant religion in Turkey is Islam, and the influence of this religion on culinary traditions is enormous. The words of the holy book of Islam, the Koran, have been practiced in Turkey for centuries. According to the Koran, a Muslim should eat fresh, healthy and clean meals, and no pork is allowed in the case of meat. It was assumed that pork is not a pure product for hygienic reasons, which results from how pigs are reared [Piwko 2016]. Moreover, history shows that pork can be a carrier of many diseases, which only strengthens the belief of Muslims about its lack of purity [Baranowski 1987].

Turkish cuisine is most often associated with kebabs. For most people, kebabs are either meats or buns with vegetables and a mix of sauces. However, there are many types of kebabs available in Turkey, as the name kebab refers to the way a dish is prepared, regardless of the meat, fish or vegetable filling used. The method of preparing a dish is basically grilling on a skewer or grilling the dish's main ingredient. In Turkey, kebabs are served on plates, in pita buns, and in packages. The most commonly used meat to prepare Turkish kebabs is mutton, but nowadays, this cuisine is no longer so restrictive, and poultry, beef, fish and even vegetables are used. Kebabs are prepared differently depending on the region of Turkey. Below are some examples of kebabs [Kosay 1982]:

- Sis kebab - traditional shashlik of meat and vegetables, usually cut into relatively large cubes and stuffed on an iron skewer before grilling. Served with bread or rice;
- Cop sis kebab – small pieces of meat baked on wooden skewers. Served with bread or rice;
- Adana kebab – spicy minced meats, formed on wide skewers and grilled on coals;
- Urfa kebab – mild version of adana kebab;
- Iskender kebab – vertically roasted cut pieces of kebab meat, served on pieces of bread with tomato and yoghurt sauce, topped with melted butter;

- Patlican kebab – marinated meat, grilled, served with eggplant on bread and yoghurt sauce;
- Comlek kebab – goulash of chicken or lamb with the addition of eggplant, carrots, beans, tomato and green pepper, baked in the oven;
- Testi kebab – meat with vegetables cooked in earthenware over a fire. Importantly, the dish is set on fire before serving.

Soups are an essential element in Turkish cuisine. There are restaurants in large cities that serve only traditional soups. Turkish soups are thick and served with bread, so they are perfect as a main course. The most popular soups include tomato (domates corba), red lentil (mercimek), lentil (esogelin), chicken (tavuk corba) and fish soup (balik corba) [Gursoy 2013].

A filling breakfast is one of the traditions of Turkish cuisine. They consist of hard-boiled eggs, white cheese (beyaz peynir), olives, honey, fresh vegetables (e.g. tomato, cucumber, parsley), bread and simites, i.e. Turkish bagels with sesame seeds. Breakfast also includes ayran, i.e. natural yoghurt with salt and water [Gursoy 2013].

Drinks are a vital element of the Turkish culinary tradition. Turkish coffee is prepared characteristically. It is assumed that this is the oldest method of brewing coffee, which uses a cezve, i.e. a copper conical flask with a long handle. Coffee prepared in this way is characterized by forming a thick foam, which leaves a long-lasting bitterness under the palate. Nevertheless, Turkish coffee is softer, more aromatic and denser than other coffees. While coffee is cooking, sugar and even spices are added to it, thanks to which the cooked drink does not require any additional actions after pouring it into the cup. On the other hand, traditional Turkish tea is prepared in huge samovars, giving it a very intense aroma and bitter taste. That is why it is served in small glasses. According to Turkish tradition, real, well-prepared tea should have the color of “hare’s blood”. A very important element of the tea drinking process is sweetening and mixing, hitting the vessel walls loudly [Gursoy 2013].

The most popular Turkish desserts include the aforementioned baklava but also lokum, block halva and pismaniye halva. Lokum is a specific jelly candy in the shape of small cubes sprinkled with powdered sugar made primarily of starch and sugar. They are often flavored with rose water or lemon juice. Lokum is characterized by

a soft, jelly-like, sticky consistency and may contain nuts, e.g. pistachios. Block halva is a product made from sesame seeds pulp and caramel. It can be with the addition of nuts or even dried fruit, and it is a very compact product with a thick consistency. In turn, pişmaniye halva is made of wheat flour, butter and sugar, with vanilla and sometimes pistachio or cocoa. Interestingly, pişmaniye halva does not contain sesame seeds so characteristic of traditional halva [Gaj 2010].

Religious issues play an important role in shaping the culinary heritage. An essential element influencing the types of food consumed are the rites resulting from religion, celebrated holidays, organized fairs and bazaars.

The most important holidays celebrated in Turkey include the Muslim holidays: Ramadan, Bayram and the Feast of Sacrifice. The date of each of these holidays is different each year due to their dependence on the calendar based on the lunar months. Ramadan is the month of fasting preceding Bayram. During fasting, Muslims are required to refrain from eating, drinking, smoking, and having sexual intercourse from sunrise to sunset. Bedridden persons, pregnant women and children are exempt from this obligation. The end of the post is a three-day celebration, the aforementioned Bayram, colloquially called in Turkey the celebration of sweetness. The tradition during these three days is to visit loved ones and give them sweets. The dessert most often prepared during this period is baklava, i.e. filo pastry, which is layered with chopped nuts, poured with honey or syrup of butter and sugar, and sprinkled with chopped pistachios on top. Traditional baklava should consist of at least 40 thin and durable layers of dough. The third important holiday is the Feast of Sacrifice or Kurban Bayramı. It is basically the most important holiday. It occurs about two months after the end of Ramadan and lasts four days. These days, Muslims are obliged to sacrifice a ram or a sheep to commemorate the sacrifice of Abraham, who was to sacrifice his son Ismail to Allah. The purchased animal is taken to a special slaughter point, where it is killed, the so-called ritual slaughter. Traditionally, the meat obtained in this way is divided into three parts. One part is given to the poor and needy, the other - to family and friends, while the third part is left to oneself and the closest ones. At festive tables, there are mainly dishes made of sacrificial meat [Yildirim 2014].

Turkish cuisine is fascinating and rich in interesting dishes. Its growing popularity is also observed in Poland. For the purposes of this study, Turkish cuisine was selected primarily due to its popularity. According to the work by Pielak and Czarniecka-Skubina [2016], Turkish cuisine is known to a large group of respondents. Only Italian cuisine is better known and preferred by Polish respondents. According to the cited studies, respondents value Turkish cuisine for its pro-health, availability, and low price of purchased products. What's more, it is also important for them to get to know a foreign culture, the deliciousness of the cuisine and its originality.

Every day, 5 million Poles eat kebabs, and one third of all restaurants in the country serve them. According to OBOP research, kebab has become the most popular dish eaten outside the home - 40% of Poles declare this. For comparison, 29% choose Polish cuisine and 23% choose pizza [Rokita 2020; www.forsal.pl].

Currently, in Poland, kebab is very often the so-called street food, i.e. food that is both fast and can be eaten on the go, and is sold near communication routes, which makes it easier to access. The literature indicates the enormity of the advantages of street-food, including their practicality, seasonality, low cost, variety, almost no restrictions, but also the amount of time saved for preparing meals. Of course, the nutritional value of such dishes is not always at the highest level, they are often rich in salt and fat, simple sugars, which are not recommended in excess in the daily diet. Compared to restaurants, where meals are theoretically well-balanced, street food boasts a rather low price, ethnic diversity of meals, as well as easier accessibility and openness, often until late at night [Wiatrowski et al. 2021].

According to the research conducted by Wiatrowski et al. [2021], among various types of street food, consumers most often choose burgers (27%), followed by kebabs (22%). Such research clearly shows that there is a need to conduct research on consumer preferences towards Turkish cuisine, their preferences, behavior, but also awareness. Conducting such research seems to be important not only for consumers, but above all for food producers, e.g. owners of gastronomic establishments. Gaining knowledge about the perception of Turkish cuisine by consumers will certainly allow for better product management, planning marketing strategies, shaping the quality of the finished product.

Therefore, the aim of the study was to find out what consumers think about Turkish cuisine products and dishes.

3. Material and methods

The subject of the research was the respondents' knowledge of Turkish cuisine. The study was conducted on people from various age groups. People who have been to Turkey and people who have never travelled to this country took part in the study. The research problem was determining which age group of respondents had the greatest knowledge of Turkish cuisine products and dishes.

The research was conducted in May 2018 using the CAPI (computer-assisted personal interviewing) method. An original questionnaire was used for the research. Before starting the survey, the respondents were informed about the complete anonymisation of the survey results.

The survey questionnaire consisted of 16 questions, 10 closed-ended single-choice questions and 5 closed-ended multiple-choice questions. The survey record takes into account the basic sociodemographic features of the respondents, but only those that do not allow for their subsequent identification (anonymous survey). The studied sociodemographic features included the sex and age of the respondents and their travel to Turkey. In this work, the Authors will only refer to some of the results, namely the questions about the knowledge of Turkish cuisine. The article will analyse the following single-choice questions from the survey questionnaire:

1. What do you understand by the name kebab?
2. Which type of meat do you associate as frequently occurring in Turkish cuisine?

In addition, multiple-choice questions:

1. Which of the following spices do you associate with Turkish cuisine?
2. Which of the listed drinks do you associate with Turkish cuisine?
3. What do you associate Turkish cuisine with?

Test results are presented as a percentage of responses.

The sample of respondents was deliberately selected. People declaring knowledge of Turkish cuisine were invited to the study. The study was conducted on a group of 160 people, of which 76.3% were women (122 people), and 23.8% were men (38 people). The respondents were divided into 5 basic age groups, namely: 18-25 years (27.5% of respondents), 26-35 years (43.8%), 36-45 years (17.5%), 46-55 years (8.8%), 56-65 years (2.5%). It should be noted that the most numerous group were people of working age, while the smallest group were seniors.

The respondents can also be characterised by the prism of whether they have ever visited Turkey. Among the respondents in Turkey were 68.1% of the respondents, while 31.9% had never visited it.

4. Results and discussion

This section of the article presents the obtained results of own research. Table 1 presents the results of the respondent's answers to the first of the analysed questions.

Table 1. Associations of respondents with the word kebab (%)

Answers	Overall results
Cut meat with a vegetable salad with sauces in a bun or pita bun	34.4
Many kinds of meat dishes	30.0
Cut meat with green lettuce and tomato in a bun or pita bun	15.0
The method of preparing meat	15.0
I have no associations	0.0
Other	0.6

Source: own study.

As already mentioned in the theoretical part, kebab is a way of preparing food. In this case, the answers were simplified and narrowed down to meat only. Based on the presented summarised results, it should be developed that for any group of respondents, it was not the dominant association for the word kebab. The respondents in the 26-35 age group most often indicated that, according to them, kebabs are many

types of meat dishes, which is also true to some extent. However, respondents from other age groups understood kebab primarily as cut meat with a vegetable salad with sauces in a bun or pita bun. It should be emphasised that this is the definition of one type of kebab, namely doner kebab. Therefore, according to the results summarised in table 1, it can be concluded that the respondents do not know the correct definition of kebab. This is probably due to the fact that in Poland, the term “kebab” is defined as just cut meat in a bun or pita bun served with sauces and vegetables. However, there is a need to expand the respondents’ knowledge in this regard.

The issue of being aware of what a kebab really is in Turkish cuisine seems important, because according to an article published by Kucharska and Malinowska [2020], 7% of people from the Y generation prefer this cuisine, especially kebab. Of course, most people indicated American cuisine and burger places, as well as Italian cuisine and pizzerias. Nevertheless, the result of 7% is significant, for example, compared to Generation Y’s love of Japanese cuisine - 1.1%. These results are all the more important as it is estimated that currently 25% of the population is Generation Y. Respondents were asked about the type of meat associated with Turkish cuisine. They had a choice of 8 types of meat, and the answer “none of the above”. The answers included the following types of meat: poultry, pork, beef, veal, mutton, game meat, horseflesh, and fish. Table 2 presents summarized results.

Table 2. The most popular types of meat used in Turkish cuisine, according to the respondents (%)

Answers	Overall results
Mutton	73.8
Poultry	10.0
Beef	8.1
Veal	3.1
Pork	2.5
Fish	1.9
Game meat	0.0
Horseflesh	0.0
None of the above	0.6

Source: own study.

Based on the results summarized in table 2, it should be developed that some of the youngest respondents do not have elementary knowledge about the Muslim religion and Turkish cuisine. They indicated (9.1% of respondents in the 18-25 age group) that the most popular meat used in Turkey is pork, which Muslimism absolutely prohibits. Respondents aged 36-45 showed the greatest knowledge of the type of meat used in Turkish cuisine, as almost all indicated mutton as the dominant meat. The respondents from this age group did not indicate poultry (as the only age group), which is also rational because poultry is not the basis of Turkish cuisine, but only an addition. No respondents from any age group believed that horse meat or game was the staple meat used in Turkey. However, only a few people indicated that fish, beef or veal were the leaders.

Another of the analyzed questions concerned spices used in Turkish cuisine. Figure 1 presents the responses of the respondents.

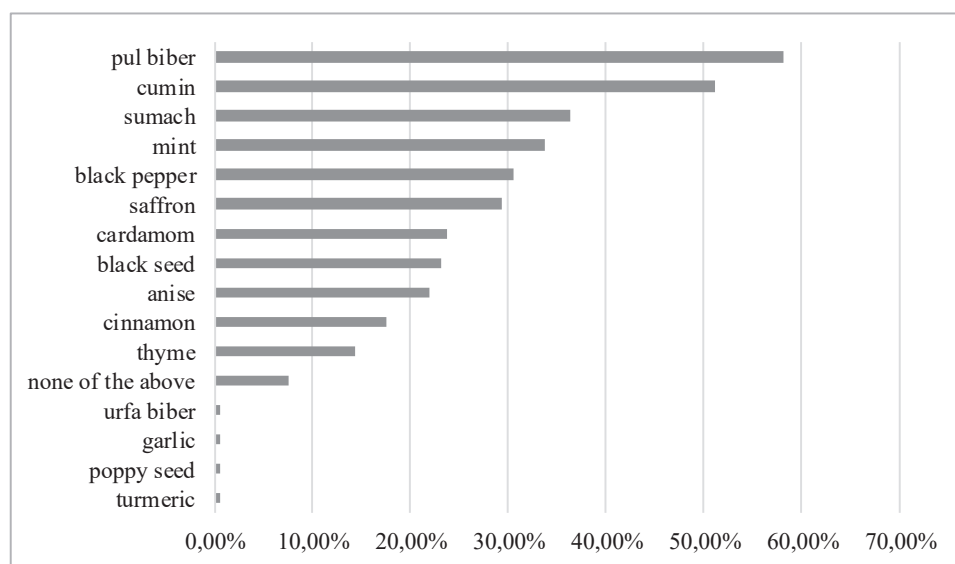


Fig. 1. Spices most often associated by the respondents with Turkish cuisine

Source: own study.

The question about the knowledge of spices was to check whether the consumer knows which spices come from Turkey. The respondents entered the responses: turmeric, poppy seeds, garlic and urfa biber in the “other, what kind?” All responses provided by the Authors were justified. The spice most associated with Turkish cuisine is pul biber (58.1% of the respondents), i.e. spicy paprika flakes. The respondents chose cumin in second place (51.2%). Spices from Turkey that respondents know are: sumac (36.3%), mint (33.8%), black pepper (30.6%), saffron (29.4%), cardamom (23.8%), black seeds (23.1%) and anise (21.9%). The spices least associated with Turkish cuisine by the respondents include cinnamon (17.5%) and thyme (14.4%). Moreover, 7.5% of the respondents indicated that they do not associate any of the above spices with Turkish cuisine, which is disturbing, as some of the answers provided were highly characteristic even for non-specialists.

The multitude of spices used in Turkish cuisine is its great advantage. Thanks to them, the use of salt can be reduced, the products are more palatable, but also seem to consumers a bit more valuable in terms of nutrition. The results of the research conducted by Pielak and Czarniecka-Skubina [2016] allow the conclusion that Turkish cuisine is chosen by the respondents due to its pro-health properties, availability, low price, willingness to learn about culture and deliciousness. That is why it should be considered in many aspects, not only through the prism of the most popular dish, but also the spices used or the drinks consumed. The next question related to Turkish cuisine concerned Turkish drinks. In the cafeteria, eight answers were offered to the respondents - types of drinks, as well as “none of the above” and “other, what?”. The following drinks are typical of Turkish cuisine: ayran yoghurt, Efes beer, raki (anise vodka), pomegranate juice, orange juice, pomegranate wine, black mulberry wine, Marmara beer. The results of the study are shown in Figure 2.

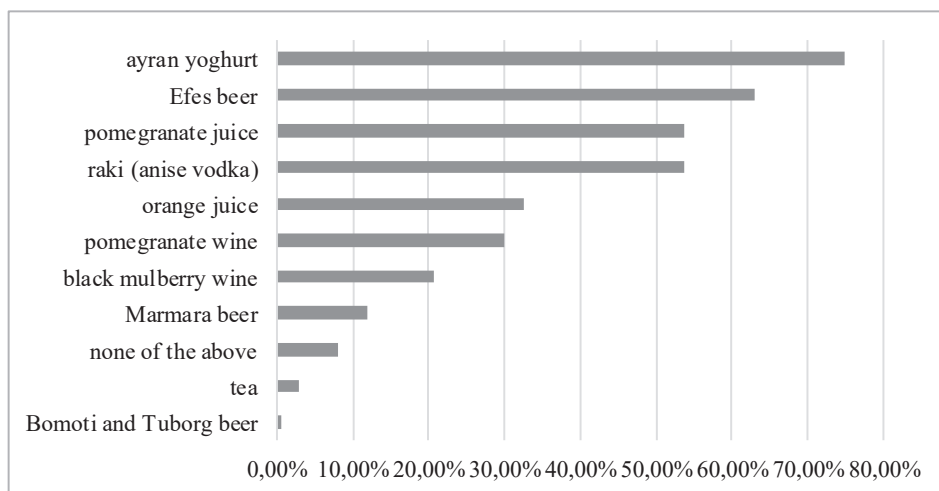


Fig. 2. Beverages most often associated by the respondents with Turkish cuisine

Source: own study.

Based on Figure 2, it can be concluded that the vast majority of respondents know ayran yoghurt, traditional for Turkish cuisine (75% of the respondents). More than half of the respondents also know Efes beer (63.1%), raki (anise vodka - 53.8%), and pomegranate juice (53.8%). Much less known by the respondents but associated with Turkish cuisine are orange juice (32.5%), pomegranate wine (30%), and black mulberry wine (20.6%). The beverages least associated by respondents with Turkish cuisine include Marmara beer, as indicated by only 11.9% of respondents. Several respondents took the opportunity to add their own answers. They found that they associate Turkey with tea (3%) and Bomonti and Tuborg (0.6%). On the other hand, 8.1% of the respondents indicated that they do not associate any of the drinks with Turkey.

In Turkish cuisine, drinks are of great importance and have now become an integral part of Polish cuisine. In work prepared by Marchand [2015], she indicates that fermented milk drinks, i.e. ayran and kumis, which used to be the domain of Turkish local production, are now produced practically everywhere, including in Poland. The production of kumis in Poland dates back to the turn of the 19th and 20th centuries,

not only with the use of cow's milk. Products such as ayran and kumis are popular in Poland, probably because sour and fermented flavors are familiar, traditional and liked by the inhabitants of Slavic areas. The last question concerned the respondents' associations with Turkish cuisine. In the cafeteria, nine answers were offered to the respondents, as well as the possibility of adding their own answer and marking the answer "none of the above". Respondents could choose up to 3 answers.

The authors propose tea in glass tulips, mutton dishes, kebab bars/restaurants, oriental spices, fresh fruit and vegetables, sweets, coffee, pomegranate or black mulberry wine dondurma ice cream. The distribution of obtained answers is shown in Figure 3.

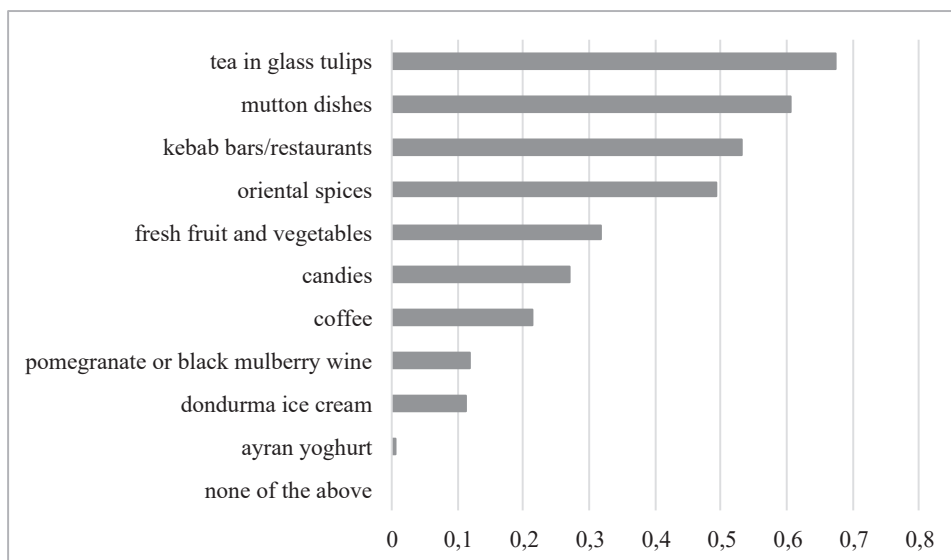


Fig. 3. Respondents' associations with Turkish cuisine (%)

Source: own study.

The respondents associate Turkish cuisine primarily with tea served in glass tulips (67.5% of respondents) and mutton dishes (60.6%). Slightly more than half of the respondents associate this cuisine with kebab bars and restaurants (53.1%), while slightly less than half with oriental spices (49.4%). The respondents, to a much lesser

extent, personify Turkish cuisine with fresh vegetables and fruit (31.9%), sweets (26.9%) or coffee (21.3%). A vast minority of respondents associate Turkey and its cuisine with pomegranate wine (11.9%) and dondurma ice cream (11.3%). One of the respondents stated that he associates ayran yoghurt with Turkish cuisine. None of the respondents indicated that they associate Turkish cuisine with nothing.

5. Conclusions

The results of the study show that the knowledge of Polish consumers surveyed about Turkish cuisine is varied and needs to be supplemented.

The kebab dish is known to the respondents, however, most mistakenly associated only as cut meat with a vegetable salad and sauces in a bun or pita bun and not as a method of preparing the dish. The type of meat most often associated with Turkish cuisine is mutton. The most famous Turkish spice among the respondents was dried paprika flakes (pul biber), and the drink was ayran yoghurt. Consumers are aware that tea in Turkey is served in glass tulips.

Based on the survey, it can be noticed that respondents aged 18-25 show the lowest level of knowledge of Turkish cuisine, even though they are the most frequent recipients of dishes such as kebabs in Poland.

The research results allowed for the formulation of the following conclusions:

- The surveyed consumers in different age groups are characterized by different awareness of Turkish cuisine.
- There is a need to systematize respondents' knowledge of Turkish cuisine as they show some gaps.

The study results are essential for consumers, as they require them to broaden their knowledge in this area. Moreover, these studies are important for food technologists and nutritionists, as they show that products and dishes typical of Turkish cuisine are becoming increasingly popular among consumers, and the demand for them may soon increase in Poland. The results of this research may also be used by entities conducting economic activity, i.e. gastronomic services in the field of Turkish cuisine, as it has been indicated which products consumers know and eat, which will facilitate

finding a market niche. In the future, it would be worth extending the research to include an in-depth study of consumers' knowledge, attitudes and behavior about appetizers, soups, meat and vegetable dishes or desserts. In subsequent studies, it is worth emphasizing the importance of travel, which deepens knowledge and shape eating behavior, as well as *whether they affect consumer behavior after returning to the country.*

References

- Baranowski, W., 1987, *Świat islamu*, Wydawnictwo Towarzystwa Krzewienia Kultury Świeckiej, Łódź.
- Czarniecka-Skubina, E., Poręcka, K., Nowak, D., 2011, *Dziedzictwo kulinarne Japonii i jego wpływy na rozwój światowej kuchni i gastronomii*, in: Puchnarewicz, E., (ed.), *Dziedzictwo kulturowe regionów świata i jego znaczenie w turystyce*, WSTiJO, Warszawa, pp. 379–401.
- Falkowski, A., Tyszka, T., 2001, *Psychologia zachowań konsumenckich*, Gdańskie Wydawnictwo Psychologiczne, Gdańsk.
- Gaj, A., 2010, *Praca w Turcji w charakterze przewodnika polskich grup na wycieczkach lokalnych turystycznych*, in: Kruczek, Z., (ed.), *Etyka przewodników turystycznych i pilotów wycieczek*, Proksenia, Kraków, pp. 195–204.
- Gursoy, D., 2013, *Tarih Suzgecinde Mutfak Kulturumuz, OglakYayincilik*, Istanbul, pp. 186–190.
- Gutkowska, K., Ozimek, I., 2009, *Czynniki ekonomiczne warunkujące sposób żywienia populacji*, in: Gawęcki, J., Roszkowski, W., (ed.), *Żywność człowieka a zdrowie publiczne*, Wyd. Nauk. PWN, Warszawa, pp. 118–132.
- Jang, S., Ha, J., Park, K., 2012, *Effects of Ethnic Authenticity. Investigating Korean Restaurant Customers in the U.S.*, *International Journal of Hospitality Management*, vol. 31, no. 3, pp. 990–1003.
- Korsak, W., 2012, *Przewodnik: Turcja kraj czterech mórz*, Wydawnictwo Helion S.A., Gliwice, pp. 148.
- Kosay, H.Z., 1982, *Eski Turklerin Anayudru ve Yemek Adlari. Turk Mutfagi Sempozyumu Bildirileri*, Ministerstwo Kultury i Turystyki (Kultur ve Turizm Bakanligi), Publikacja MIFAD, nr 41, Seminarium Kongresowe, seria 12, Drukarnia Uniwersytecka w Ankarze, Ankara, pp. 55.
- Kowalczyk, A., 2008, *Turystyka kulinarna jako element turystyki kulturowej*, *Rocznik Naukowy Wyższej Szkoły Turystyki i Rekreacji w Warszawie*, vol. 7, pp. 22–30.
- Kucharska, B., Malinowska, M., 2020, *Pokolenie Y na rynku żywności–perspektywa placówek gastronomicznych*, *Zeszyty Naukowe SGGW Problemy Rolnictwa Światowego*, vol. 20, no. 1, pp. 40–51.
- Kwiatkowska, E., Levytska, G., 2009, *Nowe tendencje w zachowaniach polskich konsumentów na rynku usług gastronomicznych*, *Marketing i Rynek*, vol. 8, no. 16, pp. 23–26.
- Marchand, B., 2015, *Tradycyjny ajran i kumys. Mleczne napoje fermentowane*, *Przemysł Spożywczy*, vol. 69, no. 10, pp. 44–47.
- Obel, M., 2007, *Polskie smaki*, *Polska Wieś Europejska*, vol. 1, pp. 12.
- Pielak, M., Czarniecka-Skubina, E., 2016, *Kulinarne preferencje polskich konsumentów w zakresie kuchni etnicznych*, *Zeszyty Naukowe Turystyka i Rekreacja*, vol. 2 no. 18, pp. 5–15.

- Piwko, A.M., 2016, *Dlaczego Allah stworzył zwierzęta. Zoologia w ujęciu Islamu*, Warszawskie Studia Pastoralne, vol. 3, no. 32, pp. 151–177.
- Rokita, Z., 2020, *Polska kebabem stoi. Bliskowschodnie danie zawojowało krajową gastronomię*, <https://forsal.pl/biznes/firma/artykuly/7803242,spolozoczny-kebab-zawojowal-polska-gastronomie.html>, (08.11.2022).
- Rozporządzenie Rady (WE) nr 509/2006 z dnia 20 marca 2006 r. w sprawie produktów rolnych.
- Rudnicki, L., 2000, *Zachowania konsumentów na rynku*, PWE, Warszawa.
- Sala, J., 2011, *Marketing w gastronomii*, PWE, Warszawa.
- Sokołowski, T., Kidyba, A., (ed.), 2009, *Kodeks Cywilny. Komentarz. Tom 1. Część ogólna*, Wolter Kluwer Polska, Warszawa, pp. 106.
- Yildirim, M., 2014, *Życie codzienne w Stambule*, Wydawnictwo Akademickie DIALOG, Warszawa, pp. 157–159.
- Wiatrowski, M., Czarniecka-Skubina, E., Trafiałek, J., 2021, *Consumer eating behavior and opinions about the food safety of street food in Poland*, *Nutrients*, vol. 13, no. 2, pp. 594.
- Żakowska-Biemans, S., 2012, *Żywność tradycyjna z perspektywy konsumentów*, *ŻYWNOSĆ. Nauka. Technologia. Jakość*, vol. 3, no. 82, pp. 5–6.
- Żelazna, K., Kowalczyk, I., Mikuta, B., (ed.), 2002, *Ekonomika konsumpcji, Elementy teorii*, Wydawnictwo SGGW, Warszawa.



ISBN 978-83-7421-433-9